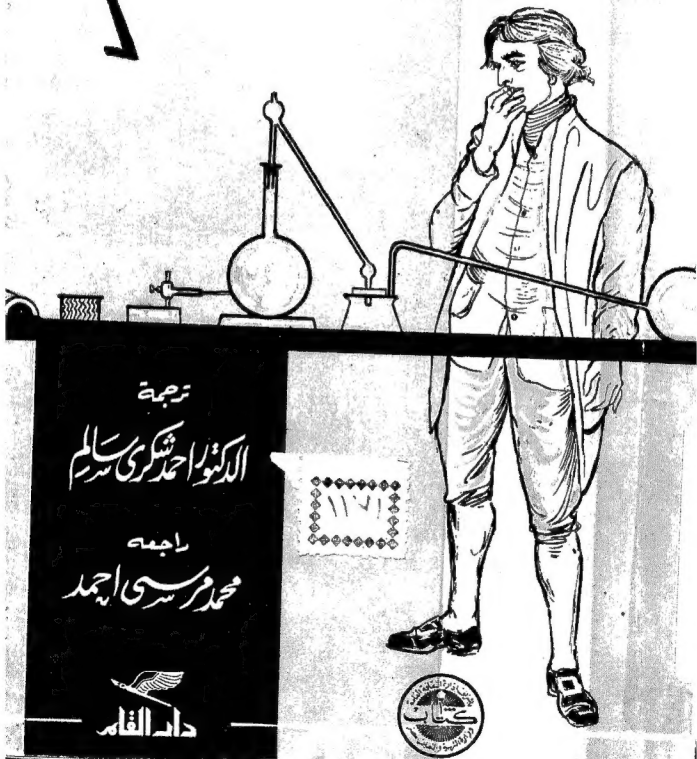


# ریاضیات و کیمیا



ترجمہ

الدکتر احمد شکر علی سہیل

راجہ

محمد مرسی احمد

دار الفلم



اهداءات ٢٠٠١

الدكتور / القطب محمد طلبة

القاهرة

إلّاف كتاب

(٢٨٧)

مكتبة

الدكتور القطب محمد القطب طبلية

قيود محمد قطب شاعر محمد قطب

المعادي

٣ أغسطس ١٩٧٤

رجاء العاشق للعلم

الإدارة العامة للثقافة

وزارة التربية والتعليم

الافتتاح المجسدي

تصدر هذه السلسلة  
بمعاونة المجلس الأعلى للعلوم



الف كتاب

( ٢٨٧ )

# رجال معاصر العرب

غاليو نيوتن  
هوك لاپلاس

هاملتون  
فيتزجيرالد

بريستلي  
لافوازييه

فرانكلين فاراداي

هنري ماكسويل

هارفي دارون

باقلوف باييج

كارول رامانوچان

مراجعة: الدكتور احمد شكري سالم  
مراجعة: الدكتور محمد مرسى احمد

هذه ترجمة لكتاب

# LIVES IN SCIENCE

لمجموعة من المؤلفين

# محتويات الكتاب

صفحة	
١١	مقدمة ... ..
٢١	القسم الأول - نظام العالم العظيم
٢٧	١ - غاليليو بقلم أ. برنارد كوهين ... ..
٥٥	٢ - إسحاق نيوتن بقلم أ. برنارد كوهين ... ..
٦٩	٣ - روبرت هوك بقلم أ. ن. داك. أندراد ... ..
٩١	٤ - لا بلاس بقلم جيمس. ر. نيومان ... ..

غاليليو ، ذو المواهب النادرة في الجدل ، حين  
طلع على العالم برأيه القائل بوجود قانون فيزيائي  
عام ، أثار حربا كلامية . ويقول غاليليو في قانون  
آخر ، بوجوب أن تكون الفلسفة حرة . أما نيوتن  
فأنجز عمله خلال ثمانية عشر شهراً ، وكرس الجزء  
الأعظم من حياته للميتافيزيقا والسحر . وقدم هوك  
للعالم ، بشكل مستقل ، قوة تسمى الجاذبية ،  
مستخدماً في ذلك مواهبه العديدة وهواياته المتباينة .  
أما لا بلاس ، الذي احتل مركزاً إدارياً مرموقاً

في الجمهورية الأولى ، والذي حمل لقب الكوتية  
في عهد نابليون ولقب المركز من بعد ذلك ، والذي  
يتصف بالأصالة وباتصال أعمال الآخرين ، فقد  
حاول أن ينقذ النظام الشمسي من الانهيار .

## القسم الثاني - النظام الجديد للعالم ١١٣

١ - وليام رومان هاملتون بقلم السير إدموند ويتاكر ١١٧

٢ - ج . ف . فيتجيرالد بقلم السير إدموند ويتاكر ١٣٧

كان هناك شاب صغير في الخامسة عشرة من  
عمره لم يقتنع برأى لابلان . لقد ابتعد هذا  
الشاب عن الرياضيات الكلاسيكية واخترع نوعاً  
جديداً غريباً من الجبر لم يطبق على نطاق واسع  
إلا في العصر الحديث وفي ميدان الفيزياء الحديثة .  
وجاء رجل آخر من دبلن كذلك فطور الثورة التي  
سادت علم الفيزياء ، وذلك بأن قدم هذا الاقتراح :  
إذا كانت العصا تعطى قراءات لا تتفق مع ما تنبأ به  
النظرية ، فليس أمامنا سوى تغيير طول العصا .



### القسم الثالث - ما هي النار ؟

- ١ - بريستلى بقلم ميتشيل ويلسون ... .. ١٥٥  
٢ - لافوازييه بقلم دينيس أ. دوڤين ... .. ١٦٩

حماسة فرانكلين هي التي أدخلت بريستلى ميدان العلم ، كما جذبه الروائح المنبعثة من مصنع الجعة إلى علم الكيمياء . وكان بريستلى مندفعاً في السياسة ولكنه محافظاً في العلم ، ودار بخلفه أنه تمكن من فصل « الفلوجستون » . وقام لافوازييه بنفس التجارب ولكنه أعطاها التفسير الصحيح ، فوضع بذلك أسس علم الكيمياء . وعلى العكس من لافلاس ، أخذ لافوازييه الثورة الفرنسية مأخذ الجد وصار ضحية من ضحاياها عندما حل الإرهاب محل الأمل .

### القسم الرابع - المغناطيسية والكهربية

- ١ - بنيامين فرانكلين بقلم أ. برنارد كوهين ... .. ١٩١  
٢ - ميخائيل فاراداي بقلم هربرت كوندو ... .. ٢١٧  
٣ - جوزيف هنرى بقلم ميتشيل ويلسون ... .. ٢٣٩  
٤ - جيمس كلارك ماكسويل بقلم جيمس . ر. نيومان ٢٥٩

لم يكن فرانكلين يلبو بتجاربه على البرق فقط ،  
ولكنه كشف عن الجزء الأكبر من نظرية الكهربية  
المعترف بها في الوقت الحالي . وتمكن فاراداي ،  
وتحت يده معمل جهازه الدولة ، من الوصول  
إلى كشف هام هو أن المجال المغناطيسي يمكن أن  
يؤدي إلى ظهور تيار كهربى ، وسارع بنشر هذا  
الكشف . هذا بينما كان مدرس في ألبانى بنينوريك ،  
يدعى جوزيف هنرى ، قد توصل إلى نفس ظاهرة  
التأثير الكهربى بما بذل من موارده الخاصة وجهده  
الخاص ، ولكنه للأسف نشر نتائجه متأخرا عن  
فاراداي . وإن إحدى نتائج هذا الكشف الذى  
توصل إليه العالمان هى كهربية المدينة . وجاء جيمس  
كلارك ماكسويل فقدم معادلات لا تقل أهمية ،  
ولقد تنبأت هذه المعادلات بكشف طيف الراديو  
عند جانب الموجات الطويلة من الضوء ، والأشعة  
السينية وأشعة جاما عند جانب الموجات القصيرة .  
وكان لهذه الكشف فضل فتح الطريق أمام تحطيم  
الذرة :

## القسم الخامس - دراسة الحياة ٣٠١

- ١ - وليم هارفى بقلم فردريك ج. كيلجور ... ٣٠٧
- ٢ - تشارلز دارون بقلم لورين ك. أيزلى ... ٣٢٣
- ٣ - بافلوف بقلم جيرزى كوفورسكى ... ٣٥٥

عندما أوضح هارفى الدورة الدموية فى جسم الإنسان ، كان فى نفس الوقت يوضح القوة الكامنة فى أسلوب استخدام علم الفيزياء على مسائل الحياة . وعندما نشر دارون كتاب وأصل الأنواع ، أثار زوبعة من الجدل ، كما فعلت مناقشات غاليليو . وهزم المتنادون بأن الإنسان مركز الكون ، هزموا فى ميدان علم الحياة ، كما هزموا قبل ذلك فى ميدان علم الفلك . وتمكن بافلوف من دراسة عمليات الجهاز العصبى عن طريق نوافذ صنعها فى معدات كلابه .

## القسم السادس - رياضيون ٣٧١

- ١ - تشارلز باييج بقلم ثيليب وإميل موريسون ... ٣٧٧
- ٢ - لويس كارول بقلم وارن ديفر ... ٣٩٣
- ٣ - سرينيثاسا رامانوجان بقلم جيمس . ر . نيومان ٤١٧

رأى تشارلز باييج أن الآلات المعاصرة لاتسير بالقوة التي يرغبها ، فصرف حياته بطولها يجاهد من أجل بناء آلات حاسبة رياضية ، ولكنه هزم في هذه المعركة النيلة . وجاء لويس كارول فلم يفعل الكثير عندما عالج المنطق بشكل جدى ، ولكنه نجح نجاحا رائعا عندما تلاعب بالمنطق . وقبل أن يبلغ رامانوجان الثالثة عشرة من عمره ، وقبل أن يكتشفه من هم أكبر منه في ميدان الرياضيات ، كان قد وضع بنفسه ، ومستقلا عن غيره ، الجزء الأغلب من النظرية الحديثة .



## مقدمة

**يتناول** هذا الكتاب حياة ثمانية عشر رجلا سيقابل القارى من بينهم ماردين أصيلين أو ثلاثة ، بطلا أو بطلين ، قديسا وماكرا ، رجلا يحتلّطون بالناس وآخرين يميلون إلى العزلة القاسية ، وسيقابل ، أخيراً ، مجموعة من الحكماء وغربي الأطوار . وما جمع كل هؤلاء في باقة واحدة ، إلا أن كلا منهم صرف حياته في العلم . وهم في الواقع ما زالوا أحياء يدننا يملؤون الدنيا من حولنا حياة وضجيجاً . إن وجودهم يتجسد في النظام الصناعي الذي يحيط بنا ، وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذي نحيا فيه وموضعنا منه . وما زال هؤلاء الناس يغيرون العالم بقدر ما غيروا ظروف الإنسان وآراءه خلال القرون الأربعة التي استغرقتها حياتهم .

ومن المقطوع به أن الكتاب قد عرض عينات من حياة العلماء الذين دخلوا تاريخ العلم في تلك الفترة . وكان الانتقاء عارضا لخدماء . والواقع أن فصول هذا الكتاب كتبت في الأصل لتكون مقالات في الأعداد الشهرية من مجلة « الأمريكى العالم » ، ولكنها

جمعت في هذا الكتاب فتداخلت وتكاملت وصارت تغطي عدداً من التطورات الجوهرية في العلم .

ومما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مهم من جوانب التاريخ . ولا شك أن التفسير يكمن في تلك الجدران الأكاديمية القاسية التي تفصل بين الإنسان العادى والعلوم . وليس ثمة داع لمناقشة أثر العلم على الحياة اليومية ، فهذا أمر واضح ، ولا يقل عنه وضوحاً أن معرفة تاريخ العلوم تلقى ضوءاً هاماً على شئون الماضى المتعلقة بالسياسة والاقتصاد والثقافة والحرب . ويعكس هذا الكتاب فائدة أخرى لدراسة تاريخ العلم ، هى إلقاء الضوء على فهمنا للعلم ذاته .

ويدلنا هذا الأسلوب التاريخى فى الدراسة ، بادى "ذى بدء" ، أن العلم إنما هو جماع المعارف التى تراكت من هنا ومن هناك . إن الملاحظة ، وتجميع المواد ، وعملية البحث عن الحقيقة — تلك العملية التى توصف بأنها علمية — كل هذه تبدو فى الواقع جزءاً من فكرة أكبر تعتمل فى ذهن العالم . إنه يود أن يحيل معارفه إلى معانٍ واضحة مفهومة ، وهو يسأل نفسه السؤال تلو السؤال هادفاً لوضع صورة خبراته تتميز بالترابط والتماسك المنطقى . ولا تودى هذه الأسئلة فحسب إلى معارف جديدة ، ولكنها تودى كذلك إلى بروز أسئلة جديدة تزيد من آفاق الخبرة الإنسانية .

وتختلف هذه الصورة اختلافا كبيرا عن الصورة الشائعة التي تصور العالم كحفار ينقب عن الحقائق الجافة في منجم اليقين . إنها تصور العالم أقرب ما يكون إلى الفنان ، وبكلمات جورج برنارد شو : « . . . إن عمل الفنان أن يكشف لنا عن حقيقة أنفسنا . وما عقولنا إلا معارفنا هذه عن أنفسنا ، وكل من يضيف إلى هذه المعارف إنما يخلق عقلا جديدا بقدر ما تخلق المرأة جيلا جديدا من الرجال » .

والحقيقة ، أن كل إضافة إلى ذهن الإنسان ، في ميدان العلم ، لا بد وأن تأتي كاتساع في حدود المعرفة ، لا كوميضة تلمع في الظلام خارج هذه الحدود . وكل مارد من مردة العلم يرتفع دائماً على أكتاف مارد آخر سبقه . ويذكر لنا الفصل الأول قصة المارد غاليليو الذي قدم فكرة القصور لكي يربط الميكانيكا السماوية التي وضعها كيبلر بنظريتنا الأرضية حول الأجسام الساقطة . وكان كيبلر قد بنى نظامه على فروض كوبرنيكوس ، وجاءت أعمال غاليليو ، بدورها ، فوضعت الأساس لتحاليل نيوتن الكلاسيكية في علم الميكانيكا .

ويعكس هذا الكتاب بكل جلاء صفة الاتصال في تطور العلم ، عندما يعرض وصول أكثر من عالم إلى نفس الكشف

في وقت واحد . نحن نرى كيف ارتبك نيوتن عندما وجد أن هوك قد توصل إلى فكرة الجاذبية بشكل مستقل ، كما نذكر الخلاف الذي دب بين نيوتن وليبنز حول أسبقية كل منهما في كشف حساب التفاضل والتكامل . ويرجع الفضل إلى كل من لافوازييه وپرستلي في فصل غاز الأكسجين . وكشف هنري وفاراداي ، في نفس الوقت ، عن الأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي . وكادوالاس يسبق دارون في نشر نظرية الانتقاء الطبيعي . وليس في ميسورنا أن نرجع ذلك إلى مجرد الصدفة ، فهو شيء كثير الحدوث . ويمكن تفسير هذه الظاهرة في الوحدة التي يتصف بها العلم ، تلك الوحدة التي تتخطى كل الاتجاهات التي تميل إلى تقسيم العلم إلى ميادين متباينة للمعرفة . ولا ينتظر من العلماء الذين يقتربون من المجهول ، وكلهم على أرض واحدة من المعرفة ، ونفس الدوافع تحرك كلا منهم ، إلا أن يوجهوا إلى أنفسهم نفس الأسئلة .

يعالج القسم الأول من هذا الكتاب ما نعنيه حقا عندما نقول : « إن الشمس قد بزغت ، أو إن » التفاحة تسقط من الشجرة » . إن دوران الأرض حول محورها ، وقوة الجاذبية ، تبدو اليوم معلومات عادية لا تستدعي من المرء كثيرا من الالتفات في حياته اليومية . غير أنه من المفيد أن نتذكر أن القول بوجود قوانين فيزيائية عامة تنطبق في السماء وعلى الأرض كان هرطقة في وقت



من الأوقات . لقد أدى النجاح الذى أحرزه علم الفيزياء إلى تغيير عميق فى الرأى العام الذى يسود المدينة الأوروبية .

وبينما حركة التنوير تبرز نصرا بعد نصر ، كان من الواضح أن حساب التفاضل والتكامل يمكن أن يحيط بكافة المعارف الممكنة . غير أن لاپلاس واجه قارئنا شابا ناقدا مدققا ، حتى قبل أن ينشر الجزء الأخير من كتابه « حركة الأجرام السماوية » . كان وليام رومان هاملتون عندئذ فى السادسة عشر من عمره ، وبالرغم فى أن أفكار لاپلاس قد بهرته ، إلا أنه فطن إلى الصعوبات التى واجهت لاپلاس وكيف قفز فوقها أو أخفاها . حقا إن هاملتون لم ينجح فى إقامة ميكانيكا جديدة للأجرام السماوية ، غير أنه كشف جبرا جديدا غريبا لا تتساوى فيه ا ب مع ب ا . ويستخدم هذا الجبر غير التبادلى الآن فى وصف أحداث فى علم الفيزياء لا يحلم علم التفاضل والتكامل أن يعالجها .

وكان جورج فرانسيس فيتزجيرالد وجها جديدا أصيلا لم تقدر قيمته الحقيقية إلا فى القرن العشرين . كان هو الذى قدم الفكرة الغريبة القائلة بأن العصا قد تنكش والساعة قد تبطل\* ، وذلك حتى تتحقق معادلات الحركة . واليوم يدرك كل منا سلامة هذه الفكرة ، ذلك أننا نعلم أن المعادلة التالية تسود العالم من حولنا :

الطاقة = الكتلة في مربع سرعة الضوء ، كما نعلم أن الجسيمات ذات العمر القصير تعيش فترة أطول عندما تصبح سرعتها قريبة من سرعة الضوء .

وكان كشف بريستلي ولافوازييه في نفس الوقت لغاز الأكسجين أكثر من مجرد صدفة ، إنه تعبير واضح عن أهمية النظرية في تفهم الظواهر المشاهدة . لقد أجرى كل من الرجلين تجارب عبقرية أدت إلى فصل عوامل ونواتج الاحتراق الأساسية . أما بريستلي ، الرجل البعيد عن السياسة ، فقد كان محافظا متعنتا في العلم ، وكان راضيا على نظرية الفلوجستون القديمة ونجح في « إنقاذها » عندما قام بتحليل نتائجه . وأما لافوازييه فقد بدأ بفرض مختلف تماما عن طبيعة الاحتراق ، ومن ثم فإنه تعرف على غاز الأكسجين كمنضّر ، وغاز ثنائي أكسيد الكربون كمركب . وكان تفسيره للنار ليذا نا بيده عهد جديد تلعب فيه وسائل الفيزياء دروا كبيرا في حل مشاكل علم الكيمياء .

ومن العجيب أن التاريخ يكشف لنا أن الإنسان بدأ يتفهم الكهربية قبل أن يصحح مفهوماته الخاطئة عن النار . غير أن بنيامين فرانكلين لم يكن مجربا جريئا فحسب ، بل كان كذلك بارعا في النظريات . إن الرجل الذي « خطف البرق من السماء وانتزع الصولجان من يد الطاغية » فعل أكثر من مجرد توضيح أن البرق

لا يختلف عن الشرارة التي يستحدثها الإنسان . وما زالت آراؤه الخاصة ، بالسيال ، الكهربى الواحد أو اتجاه سريان الكهرباء أو عدم فناء الشحنة ، ما زالت متضمنة فى النظريات الكهربائية حتى اليوم .

ولقد حاول الدكتور فرانكلين ، الحاكم ، أن يجعل بأقلية العلم حتى يكون ذا فائدة مباشرة لمواطنيه الأمريكين . وبعد جيلين لاحظ توكيشيل أن هذه الأمة الجديدة ، لا تتطلب من العلم أكثر من أن يلعب دوره التطبيقى فى الفنون المفيدة ، وأن يحمل الحياة أكثر أمنا وراحة ، . وتكشف قصة جوزيف هنرى بشكل قاس عن دقة هذه الملاحظة ، ذلك أن واحدا من مواطنيه لم ير فائدة مباشرة لقضبانه الممغنطة أو ملفاته ، بل إن كشفه لظاهرة التأثير الكهربى عام ١٨٣١ لم ينشر حتى عام ١٨٣٣ بعد أن أصاب فاراداي قدرا كبيرا من الشهرة وأعلن عن كشفه لنفس الظاهرة .

وكانت النتيجة المباشرة لنشاط فاراداي وهنرى أن دارت المولدات الأولى على جانبي الأطلنطى . غير أن الفرق بين المعهد الملكى الذى كان يعمل فيه فاراداي وورشة المدرسة التى كان يعمل فيها هنرى ، عبر عن نفسه بوضوح إذ كانت إنجلترا أكثر إدراكا للمدلول العميق للتجارب التى قام بها كل من العالمين الكبيرين . أما كلارك ماكسويل فقد كان يبحث عن تعبير رياضى شامل للصورة

التجريبية في ميدان الكهربية والمغناطيسية . وربطت معادلاته بشكل غير متظر بين الظواهر الكهربية المغناطيسية والظواهر الضوئية ، كما أوضحت هذه المعادلات أن طيف الضوء إن هو إلا شريط ضيق من الطيف العام للطاقة المشعة . وسرعان ما كشفت التجارب ، التي أدت معادلات ماكسويل إلى إجرائها ، عن وجود موجات الراديو غير المرئية . وكذلك وجهت هذه المعادلات القائمين على إجراء التجارب إلى احتمال وجود إشعاعات طول موجاتها أقل من طول موجات الضوء . وكان كشف الأشعة السينية وأشعة جاما إيذانا بفتح الطريق أمام علم الفيزياء النووى أو الذرى .

ولعل في هذا العرض ما يبين لماذا يوضع ماكسويل إلى جانب نيوتن في تاريخ العلم ، ذلك أن ماكسويل وضع نظاما متكاملا يلقى الضوء والتوجيه على أعمال الأجيال الماضية والتالية من العلماء . أما هارفى ودارون ويافلوف فهم علماء من طراز آخر ، ذلك أن القياسات الدقيقة التى تنطبق فى علم الفيزياء لا تجد لها مجالا فى عمليات الحياة . والكشوف البيولوجية قد تبدو ، من بعض الجوانب ، أقل أهمية للرجل المثقف من معادلات ماكسويل مثلا . ولكن ، هل هناك مقياس يمكنه أن يزن بدقة عمق الإدراك اللازم لمعرفة الدور الذى تقوم به صمامات الأوردة ، أو مدى

التخيل اللازم لإدراك التحولات التي عايتها الكائنات الحية في جزر جالاباجوس ، أو أصالة المجرب الذي اتخذ إفرازات العصارات المعدية كدليل على العمليات غير المرئية التي تحدث في الجهاز العصبي ؟ وإذا كان النجاح الباهر الذي أحرزته الوسائل العلمية في ميدان علم الفيزياء قد لفت النظر في السنين الأخيرة ، فإن علوم الحياة قد كشفت عن فوائد مباشرة هامة لخير الإنسان . لقد بين هارفي أن قوانين الميكانيكا تطبق في حركات القلب . ولا يقل دارون عن غاليليو أهمية من حيث انتزاعه لفكرة تربيع الإنسان على مركز الخلق . وفتح پافلوف الطريق أمام البحث المنطقي لسلوك الإنسان وشخصيته .

أما أبطال القسم الأخير من هذا الكتاب فقد يبدو أنهم وجوه أقل أهمية من سابقهم . غير أنه كان من المنتظر أن تلمع شهرة بايبيج لو أنه ولد متأخراً نصف قرن ، وكذلك رامانوجان لو أنه عاش حتى ينجز ما وضعه نصب عينيه . أما لويس كارول ، الذي خط قلمه أعظم الكتابات باللغة الإنجليزية ( بعد الإنجيل وشاكسبير ) فلا شك أنه يحتل مكانا مرموقا في تاريخ العلم .

#### \* هيئة التحرير \*

\* تضم هيئة التحرير : جيرارد ديل ( الناشر ) ، دينيس فلانجان ( رئيس التحرير ) ، ليون سفيرسكي ( مدير التحرير ) ، جيمس . ر . نيومان ، أ . ب . روزنباوم ، جيمس يرونهاوم ( المدير الفني ) .



القسم الأول  
نظام العالم العظيم





## ١ - غاليليو

بفلم أ. برنارد كوهين

## ٢ - استحقاق نيوتن

بفلم أ. برنارد كوهين

يشغل أ. برنارد كوهين منصب أستاذ مساعد لتاريخ العلوم والتربية العائنة في جامعة هارفارد . تخرج كوهين في كلية هارفارد عام ١٩٣٧ وظل يعمل بها مدرسا لعلم الفيزياء بينما يستكمل دراساته في تاريخ العلوم تحت إشراف المرحوم جورج سارتون . وحصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٧ ، وكانت الحرب وتدريب جنود البحرية وطلبة الجيش ، هما السبب في هذا التأخير . ويعمل كوهين محرراً لمجلة خاصة بتاريخ العلوم هي مجلة «لايزيس» ، وألف كتاب «العلم : خادم الإنسان» ، وهو كتاب يعالج بشكل مقنع أهمية التعزيز المالي من جانب الرأي العام للبحوث العلمية الهامة .

### ٣ - روبرت هوك

بفلم أ. ن. د. داك. أندراد .

ظل أ. ن. داك. أندراد يحتل عدة سنين مركز أستاذ علم الفيزياء في جامعة لندن ، غير أنه اشتهر أخيراً بدراساته الخاصة بتاريخ العلوم . ولد في لندن عام ١٨٨٧ في عائلة برتغالية الأصل . وعندما التحق بجامعة لندن بدأ في دراسة تركيب المعادن ، وكشف ما يعرف اليوم بقانون أندراد الخاص بزحف المعادن . وحصل بعد ذلك على درجة الدكتوراه في جامعة هيدلبرج وعمل في معمل إرنست رذرفورد في مانشستر . وفي عام ١٩١٣ حصل على أول قياسات لطول موجات أشعة جاما . وقام بخدمته العسكرية في فرنسا خلال الحرب العالمية الأولى ، ثم قام بتدريس علم الفيزياء في كلية المدفعية حتى عام ١٩٢٨ حين عين في جامعة لندن . وتلقى أندراد كثيراً من أشكال التكريم ، وصار منذ ١٩٣٥ عضواً في الجمعية الملكية . وهو يمتلك مجموعة كبيرة من الكتب العلمية التي كتبت في القرن السابع عشر ، هذا بالرغم من أن جزءاً كبيراً من هذه المجموعة قد دمر أثناء غارات الألمان .

## ٤ - لابلانس

### بقلم جيمس . ر . نيومان

ولد جيمس . ر . نيومان في مدينة نيويورك عام ١٩٠٧ ،  
وأسرع في دراساته للرياضيات في كلية نيويورك ، وفي  
دراساته للقانون بمدرسة القانون بكولومبيا ، وصار محاميا  
وهو لم يتجاوز الثانية والعشرين من عمره . غير أنه لم  
يستغل مواهبه في ممارسة المحاماة وآثر أن يستغلها ،  
بالاشتراك مع المرحوم إدوارد كاستر ، في كتابة كتاب  
عنوانه « الرياضيات والتخيل » ، نشره سيمون وشوستر  
عام ١٩٤٠ وما زال يباع منه ٨٢ نسخة كل شهر ، وبلغت  
عدد النسخ المبيعة منه ٤٢٠٠٠ نسخة في ١٤ طبعة .  
وشغل نيومان خلال الحرب عددا من المناصب المدنية  
الهامة في وزارة الحربية وفي هيئة الإنتاج الحربى وفي  
السفارة الأمريكية في لندن . وكان نيومان من القلائل  
من غير المشتغلين بالعلم الذين لم يفاجئوا بنجاح مشروع  
مانهاتن ، ومن ثم فإنه استطاع أن يلعب دورا فعالا  
كاستشار للجنة مجلس الشيوخ المختصة بالطاقة الذرية معضدا  
تكوين لجنة مدنية للطاقة الذرية ومعارضاً رأى المطالبين  
بالإشراف العسكرى . وعندما تكونت مجلة « العالم  
الأمريكى » « الجديدة » في مطلع عام ١٩٤٨ صار واحدا  
من هيئة تحريرها وأخذ على عاتقه توجيه القسم الخاص  
بعرض الكتب العلمية .



# غاليليو

## بتم ، ١٠ . برنارد كوهين

**لعل** اسم غاليليو أكثر الأسماء شيوعاً في المدونات العلمية ؛ غير أن الآراء تختلف اختلافاً بيناً فيما يتعلق بالأعمال التي قام بها بحيث يصعب على العالم العادي أن يحدد بدقة ما حققه غاليليو . يذكر لنا بعض الكتاب أن غاليليو كان تجريبياً ، وأنه صاحب « المنهج العلمي » ، لدراسة « الحقائق العامة للطبيعة » ، ويوضحون ذلك بذكر ما نسب إليه من أنه كشف قوانين الأجسام الساقطة عن طريق الملاحظة المتكررة لما يحدث عندما تسقط كرات متباينة الأوزان من قمة برج بيزا المائل . هذا ، بينما يذكر آخرون أن غاليليو لم يتعلم شيئاً من خلال التجارب ، وأنه لم يلجأ إلى التجربة إلا لكي يتحقق من نتيجة وصل إليها فعلاً عن طريق التدليل الرياضي والاستنتاجات القائمة على فروض أولية . وبينما يصفى كثير من الكتاب على غاليليو لقب « أبو العلم الحديث » ، يقول البعض إن جل ما حققه غاليليو في ميدان العلم ترجع أصوله إلى نهاية العصور الوسطى . وبينما يتفق كثير من المعلقين مع السير

دافيد بروستر في رأيه القائل بأن غاليليو أحد «شهداء العلم» ،  
يوافق آخرون على رأى أ. ن. هويتند القائل بأن العقوبة  
التي أوقعتها لجنة التحقيق الرومانية على غاليليو لم تعد «تحفظاً يحيط  
به التكريم وعتاباً هادئاً قبل أن يموت بسلام وهدوء على سريرته» .

ماذا يفعل العالم الذي يجابه بهذه الآراء المتناقضة يقدمها كتاب  
محترمون ، وعليه أن يختار لنفسه رأياً منها ؟ إن هذا المثل يدعونا  
إلى تأكيد الحاجة إلى متابعة المنح الدراسية الخاصة بتاريخ العلم ،  
بل والتوسع فيها . ذلك أن فهم المدلول الحقيقي لما قام به غاليليو  
في علمي الفيزياء والفلك ، يتطلب منا أولاً وقبل كل شيء معرفة  
واضحة لمدى اتساع وطبيعة العلم الذي كان سائداً إذ ذاك ،  
كما يتطلب بعد ذلك معرفة كافية لتاريخ العلوم الفيزيائية منذ ذلك  
الوقت ، بهذا يمكننا أن نفقِّم العناصر التي ثبت أثرها الفعال  
في تقدم العلم .

ولعل الصعوبة التي نواجهها في تفسير أعمال غاليليو ناجمة ،  
لحد كبير ، من طبيعة فكره وكتاباتهِ . إنه كان يحيا في فترة خصبة  
تحدد نهاية العصور الوسطى وعصر النهضة وبداية عصر العلم الحديث ؛  
ومن ثم فإن غاليليو كان شخصية انتقالية ، إحدى قديميه في الماضي ،  
بينما الأخرى تمتد إلى المستقبل . والنتيجة ، أن من الغرور الذي



لا حذله أن يدعى المرء الملامة بين هذه التناقضات في التفسيرات المختلفة التي قدمت خلال المائة عام الماضية . غير أن ذلك لا ينفي بروز عدد من الجوانب في الأعمال التي حققها غاليليو .

كان غاليليو عالماً فيزيائياً وفلكياً ورياضياً . وقدم أول مساهمة هامة له في علم الفلك عام ١٦٠٤ عندما كان أستاذاً في جامعة بادوا ، ذلك المنصب الذي شغله عام ١٥٩٢ وعمره ثمانية وعشرون عاماً . وحدث ذلك عندما بدا في السماء نجم جديد ، مستعر ، وأثار كثيراً من الاهتمام بين العلماء والطلبة ورجل الشارع في كل مكان . وألقى غاليليو محاضرة عامة أوضح فيها ، على أساس من المشاهدات الدقيقة ، أن هذا النجم الجديد نجم حقاً ، ولا يمكن أن يكون شهاباً عابراً في الغلاف الجوي المحيط بالأرض ، لأنه لم يكشف عن أى أثر للتزجج ، وأنه لا بد وأن يكون نجماً ثابتاً بعيداً من بين النجوم الثابتة البعيدة عن نطاق نظامنا الشمسى . وتنبأ غاليليو بأن هذا النجم سيظل مرئياً لفترة قصيرة ثم يختفي بعد ذلك .

وليس من السهل أن ندرك الآن مدى الجراءة في قول غاليليو . ذلك أن النظرة العامة التي كانت سائدة إذ ذاك فيما يتعلق بالعالم الخارجى كانت أرسطية في مجموعها ، وكان الاعتقاد السائد هو أن السماوات تتصف بالكمال وعدم التغير ولا تعانى نمواً أو تحللاً .



إن الأرض فقط ، وهى مركز الكون ، هى القابلة للتغير . وقوانين الفيزياء على الأرض تختلف اختلافاً بيناً عن قوانين الفيزياء التى تنطبق على الأجرام السماوية .

وكان رأى غاليليو القائل بأن هذه السماوات الكاملة وغير القابلة للتغير قد تعانى من النمو أو من التحلل ، لا بد وأن يصطدم بالأرسطيين . ولعل هؤلاء الأرسطيين ، كما يقول ج . ج . فاهى ، أحد مؤرخى غاليليو ، قد « تضايقوا من ظهور هذا النجم ، بقدر ما « تضايقوا عما فعله غاليليو حين لفت النظر إلى هذا النجم بقوة وبشكل علنى » . وعلى أية حال فقد كان الهجوم على غاليليو أسهل من الهجوم على النجم ذاته . ولم يتوان غاليليو عن التقاط القفاز ، وانتزح الفرصة لدحض العلم الفيزيائى الأرسطى القديم ، الذى كان يؤمن بعدم صلاحيته ، ومعه النظام البطليموسى للكون الذى يعتبر الأرض بمثابة المركز فى هذا الكون .

\* \* \*

وكان غاليليو إذ ذاك واحداً من الذين اعتنقوا آراء كوبرنيكوس ، بالرغم من أنه لم يكن قد جرؤ على إعلان ذلك « خوفاً من أن ألاقى مصير أستاذنا كوبرنيكوس » ، كما كتب فى خطاب منه إلى جوهان كبلر . غير أن غاليليو ما كاد ينتهى

من دراساته عن هذا النجم الجديد حتى عنت له فرصة رائعة للتيقن من آراء كوبرنيكوس . وكانت هذه الفرصة أهم حدث في حياة غاليليو كعالم فلكي . كتب يقول :

« منذ عشرة أشهر وصلت إلى أسماعنا مهمة تقول إن رجلا هولنديا توصل إلى عمل جهاز بصرى يجعل المرئيات تبدو قريبة للإنسان ، حتى ولو كانت بعيدة جداً عنه . وسرت أفاويل كثيرة حول الأثر العجيب لهذا الجهاز أكدما البعض ونفاها البعض الآخر . وبعد أيام وصلني خطاب من الفرنسي النحيل چاكوب بادوثير يؤكد صحة هذه الإشاعة ، الشيء الذى دعانى إلى البحث عن النظرية والوسائل التى قد تصل بى إلى اختراع جهاز مماثل . ولقد تحقق هذا الهدف بعد فترة قصيرة ، وعلى أساس من دراسة نظرية انكسار الضوء ، وصنعت ماسورة من الرصاص مثبت فى أحد طرفيها عدسة محدبة ، ومثبت فى الطرف الآخر عدسة مقعرة » .

بهذه الكلمات وصف غاليليو تعارفه على التلسكوب أو المنظار المكبر ، وجاء هذا الوصف فى كتابه العظيم « رسول النجوم » الذى نشره فى فينسيا عام ١٦١٠ . وبالرغم من أن عدداً من الأشخاص كان يدعى كل منهم أنه صاحب الفضل فى هذا الاختراع ، إلا أنه من المقطوع به أن غاليليو كان أول من وجه التلسكوب لمشاهدة

الأجرام السماوية . وكانت هذه تجربة فريدة في تاريخ الإنسان ،  
فقد مرت آلاف السنين والإنسان لا يرى السماء إلا بعينه المجردة .  
وما كان لأحد أن يعلم عظمة ما يقع خارج نطاق رؤية العين المجردة .  
وحيثما وجه غاليليو منظاره المكبر وجد حقائق جديدة تدعو  
إلى الدهشة والعجب .

بدأ غاليليو بدراسة القمر ، واستنتج أن « سطح القمر ليس  
كامل الملاسة دائريا بالضبط ومتجانسا تماما . وكان الكثير من  
الفلاسفة يعتقد أن هذه الصفات تنطبق على القمر والأجرام  
السماوية الأخرى ... غير أن سطح القمر ، على العكس من ذلك ،  
مليء بالفجوات والتوءات ، تماما مثل سطح الأرض الذي تعتربه  
هنا ربى عالية وهناك وديان عميقة » . بل إن غاليليو ذهب إلى حد  
تقدير ارتفاع الجبال على سطح القمر ، ووصل إلى نتيجة تنفق  
في القدر مع النتائج الحديثة . وكان يعتقد أول الأمر أن المساحات  
الداكنة والمضيئة على سطح القمر إنما تعكس الأرض والماء ،  
ولكن علينا أن نتذكر هنا أن المبتدئين في دراسة علم الفلك  
يعتقدون نفس الاعتقاد عند النظر إلى القمر أو إلى صورة  
من صورته ..

\* \* \*

وانتقل غاليليو بعد ذلك إلى النجوم وكشف في التو أن هناك  
 فرقا بين النجوم الثابتة والسكواكب أو السيارات . « إن أقراص  
 السكواكب تبدو مستديرة كاملة الاستدارة كما لو كانت مرسومة  
 بالفرجار ، وتبدو وكأنها عديد من الأقمار الصغيرة الكروية المضيئة ؛  
 غير أن النجوم الثابتة لا تبدو للعين المجردة محدودة بمحيط دائري  
 [ كأنها كذلك فعلا ] ، ولكنها تبدو وهجا من الضوء يرسل  
 أشعته المتألثة إلى كافة الاتجاهات . وهى تبدو كذلك سواء نظرنا  
 إليها بالعين المجردة أو بالمنظار المكبر ... » . كما أشار غاليليو إلى أن  
 المنظار المكبر مكسبه من رؤية « عدد هائل يفوق التصور من النجوم  
 الأخرى التى لا تصل إليها العين المجردة ... » .

وانتقل غاليليو بعد ذلك إلى مشاهدة المجرة أو طريق التبانة  
 وتعجب أشد العجب إذ وجده « مجرد عدد لا حصر له من النجوم  
 موزعة فى مجموعات » . وأكثر من ذلك ، لقد وجد أن كافة  
 « السدم » ، التى استعر بخصوصها جدل طويل ، ما هى إلا كتل  
 من النجوم .

وختم غاليليو مشاهداته « بموضوع يبدو لى أنه أهم موضوع  
 قت به ، وهو أنى أعلن للعالم أنى كشفت وشاهدت أربعة كواكب  
 لم يحظ الإنسان برؤيتها منذ وجد حتى وقتنا هذا ... » .

فى السابع من يناير عام ١٦١٠ كان غاليليو يشاهد كوكب  
المشتري عندما لاحظ « وجود ثلاثة نجوم صغيرة ولكنها لامعة  
جداً وتقع إلى جوار الكوكب . وبالرغم من أننى كنت أعتقد  
أنها من بين النجوم الثابتة ، إلا أننى عجبت لها بعض الشيء إذ بدا  
لى أنها مرتبة فى خط مستقيم يوازى دائرة البروج ، وأنها أكثر  
لمعاناً من بقية النجوم التى تساويها فى القدر ... كان هناك نجمان  
إلى الشرق [ شرق المشتري ] وواحد إلى الغرب ... وفى الثامن  
من يناير دفعنى القدر إلى أن أوجه منظارى إلى نفس الرقعة  
من السماء ، ولأحظت أن الأمور قد تغيرت ، فقد رأيت ثلاثة  
نجوم صغيرة تقع كلها إلى غرب المشتري وأقرب إلى بعضها  
من الليلة الماضية وتفصل بين الواحد منها والآخر مسافات متساوية ،  
كما يبدو من الرسم المصاحب » .

واستمر غاليليو ، ليلة بعد ليلة ، يشاهد هذه المجموعة من  
« النجوم » ، وأخيراً « قرر دون تردد أن هذه النجوم الثلاثة تدور  
حول المشتري ، كما تدور الزهرة وعطارد حول الشمس . ولقد  
أثبتت المشاهدات التالية هذه الحقيقة بشكل واضح وضح النهار .  
كما دلت هذه المشاهدات أن هناك أربعة أجرام سماوية ، لا ثلاثة  
فحسب ، تدور حول المشتري ... » .

ولقد ذكر غاليليو أن كشف الأقمار الأربعة التى تدور حول

المشتري ، والتي سماها « كواكب » ، بمثابة حجة رائعة تقضى على العجب الذى يساور هؤلاء الذين يقبلون دوران الكواكب حول الشمس فى النظام الكوبرنيكى ، ولكنهم يزعمون لدوران القمر حول الأرض ... فنحن نقابل الآن لا كوكبا واحدا يدور حول آخر ... ولكن أربعة توابع تدور حول المشتري ، كما يدور القمر حول الأرض ، بينما المشتري وتوابعه تدور فى مدار هائل حول الشمس يستغرق اثنتى عشرة سنة . وتوصل غاليليو كذلك إلى كشف هام آخر : هو أن كوكب الزهراء له أطوار تماثل أطوار القمر ، من البدر الكامل إلى الهلال الرفيع . وهذه هى كلمات غاليليو : « إن مشاهدة هذه الظواهر العجيبة تؤدى بنا إلى أن نصل إلى نتيجة حاسمة تتفق مع شواهد الحس لدينا ، فيما يتعلق بموضوعين هامين ناقش المثقفون فيهما طويلا وتوصلوا إلى نتائج متباينة . أما الموضوع الأول فهو أن الكواكب أجرام غير مضيئة بذاتها ( هذا إذا كان لنا أن نطبق آراءنا عن الزهراء ، على عطارد أيضا ) ... والموضوع الثانى هو أننا مضطرون إلى القول بأن الزهراء ( وكذلك عطارد ) تدور حول الشمس ، شأنها شأن بقية الكواكب . تلك حقيقة كان يؤمن بها الفيشاغوريون وكوبرنيكوس وكبلر ولكنها لم تثبت بشواهد حسية ، ولكنها ثبتت الآن فى حالتى الزهراء وعطارد . »

وكان كشف غاليليو لأطوار الزهراء بمثابة تحد مباشر للنظام البطليموسى المعترف به . ذلك أن النظام البطليموسى كان يرى أن الزهراء تتحرك فى تدوير ، أى فى مدار دائرى يظل مركزه دائما بين الأرض والشمس . وإذا كان الأمر كذلك ، وإذا كانت الزهراء ، كما بين غاليليو ، تلمع نتيجة لانعكاس الضوء من الشمس فمن الممكن أن ترى بعض الأطوار الهلالية للزهراء ، ولكنه يستحيل عندئذ أن ترى الزهراء كنصف دائرة أو دائرة كاملة أو أى طور بينهما . غير أن غاليليو شاهد فعلا كافة هذه الأطوار .



أدت كشف غاليليو إلى جعل النظام الكوبرنيكى نظاما مقبولا من جهة النظر الفلسفية ، وذلك عندما احتلت الأرض مكانة مماثلة للكواكب الأخرى وللقمر . ولقد بين غاليليو كيف أن الأرض تضىء مثل بقية الكواكب ، بعكس ضوء الشمس ، وذلك عندما لاحظ أن النصف المظلم من القمر التريعى يضىء بشكل خافت نتيجة للضوء المنبعث من الأرض . وإذا كان لنا أن نشاهد الأرض من منظار مكبر موضوع على القمر أو على الزهراء ، لرأينا كيف أن الأرض تبدو فى أطوار مختلفة شأنها فى ذلك شأنهما . ويقول غاليليو فى هذا الصدد : « إن الأرض ، بكل عدل

وتقدير ، ترد الجليل إلى القمر ، إنها تبعث إليه بضوء يكافئ ذلك  
الضوء الذى تقبله منه خلال الليالى المعتمة .

أما الشمس فإنها تضىء من ذاتها ، وهى لهذا تختلف عن الأرض  
والقمر وبقية الكواكب . وإذا كان لابد من وضع جرم بعينه  
فى مركز الكون فلا بد وأن تتمتع الشمس - لا الأرض - بهذا  
المركز ! الشمس فى المركز ومن حولها تدور الكواكب ، وعطارد  
بتوابعه الأربعة يدور كذلك بنفس الطريقة . هذا هو نموذج  
النظام الشمسى .

إن حياة غاليليو والأعمال التى حققها تكشف عن وحدة  
فى الهدف يندر وجودها عند العلماء ، فنشاطه فى مجال الميكانيكا  
يكمل نشاطه فى ميدان الفلك بحيث يصبح الجميع كلا متكاملا .  
ويبدو من كتابات غاليليو أنه كان يتمتع بإحساس ميكانيكى حق  
وبقدرة عبقرية على الاختراع . كان أحد كشوفه الأولى أن البندول ،  
صغيراً كان أو كبيراً ، يأخذ نفس الوقت فى الذبذبة الواحدة .  
وسرعان ما استخدم هذا الكشف فى اختراع « جهاز قياس  
النبض » ، يستطيع بواسطته أن يمارن بين معدلات النبض بطريقة  
تسجيل ميكانيكية . وكان غاليليو شديد الاهتمام بالميكانيكا ،  
لأنها كانت هواية طبيعية لديه فحسب ، ولكن لأنه كان يعتقد



أنها علم كوني يمثل الرباط بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية ، وأنه إذا استطاع الوصول إلى قوانين الحركة على الأرض ، فيسكون في ميسوره أن يطبق هذه القوانين على حركة الكواكب والنجوم . كان يطمح في أن يكشف للناس أن النظام الكوبرنيكي يرى أن الكواكب تتبع في مسارها في السماء قوانين منتظمة وبسيطة ، بعكس ما تقول به النظرية القديمة من أن كل منها يهتدى « بقوة ذكية خاصة به » .

ولاشك أن غاليليو عندما كان يبحث عن علم الميكانيكا ينطبق على الكون بأسره ، على الأرض وفي السماء ، لاشك أنه كان يقف بشدة في وجه الرأي الذي كان سائداً إذ ذاك ، وهو رأي أرسطو ، الذي فرق بجمدة بين قوانين الحركة على الأرض والقمر وقوانين الحركة في الكون « السماوى » ، الذى يلى القمر . ففي عالم ما تحت القمر تحدث « الحركة الطبيعية » ، في خط مستقيم . فالفاحشة تسقط من الشجرة إلى أسفل لأنها « ثقيلة » ومكانها الطبيعي « إلى أسفل » ، ولإجبارها على أن تتحرك في اتجاه يعاكس طبيعتها ينبغي بذل « حركة غريبة » . أما في عالم ما فوق القمر فالأمر على عكس ذلك ، إذ أن الحركة الطبيعية ، حركة دائرية ، وهى الحركة التى تناسب المادة الكاملة التى تتكون منها هذه الأجرام السماوية .

وعندما كشف غاليليو عن التشابه بين الأرض والقمر

والكواكب مشيراً إلى أنها لا بد وأن تتبع نفس القوانين ، كان في الحقيقة يجمع بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية في علم فيزيائي كوني واحد . ويمكننا أن نعتبر الثورة في التفكير الفيزيائي التي حققها غاليليو على أنها تركيز اهتمام الناس على مشكلتي الحركة والتغير . لقد أثبت أن الشمس ، وهي أكثر الأجرام السماوية « كمالاً » ، عرضة للتغير ، إذ تتغير البقع فيها عند النظر إليها بمنظار غاليليو ، وعلى أية حال فقد كان غاليليو يرى أن كون الأجسام غير قابلة للتغير أو التحول « لا يضيء عليها عظيم الشرف » ، كما وأن الأرض لا تتصف « بالحقارة » لأنها تتغير .

وفيما يلي كلماته : « إنني أرى أن الأرض شيء نبيل جداً ويدعو إلى الإعجاب ، وذلك لكثرة التحولات والطفرات والتولدات التي لا تتوقف فيها ؛ كما إنني أرى أنه إذا كانت الأرض لا تعاني هذه التغيرات ، وكانت مجرد كتلة هائلة من الرمال أو من اليشب ، ولو أنها استمرت كرة هائلة من البللور لا ينمو فيها شيء أو يتغير أو يتبدل ؛ لما كان لها في ناظري قيمة أو فائدة ولكانت مليئة بالخنول ولا ضرورة لوجودها على الإطلاق ... هل هناك غباء يمكن تصوره أكثر من نسمي الجواهر والذهب والفضة أشياء ثمينة ، وأن نسمي التراب والوسخ أشياء وضيعة ؟ أفلا يرى هؤلاء الناس أنه إذا كان التراب نادراً ندرة الجواهر والمعادن الثمينة

فإن أى أمير سيبعد بأن يقدم كومة من الماس وأكياسا من الذهب ،  
ويأخذ نظير ذلك حفنة من تراب تملأ إناء صغيراً يزرع فيه عوداً .  
من الياسمين ويراه ينبت أمام ناظريه وتنبثق منه الأوراق الخضراء  
والورود ذات العبير ؟ إن الندرة أو الوفرة ، إذن ، هى التى تجعل  
العامة يقدرّون هذا الشئ أو يحقرّونه .

\* \* \*

ونحن سنكتفى هنا بأن نتناول ثلاثة جوانب من علم الميكانيكا  
الذى وضعه غاليليو : قانون الأجسام الساقطة ، قاعدة القصور ،  
وتحليل وتركيب الحركات المستقلة . ويعتبر قانون الأجسام  
الساقطة أشهر كشوف غاليليو . وتدل البحوث الحديثة على أن  
أعمال غاليليو المتعلقة بالأجسام الساقطة كانت شيئاً أصيلاً ومبدعاً  
من حيث استخدام القانون أكثر منها من حيث العبارات التى صاغ  
بها ذلك القانون . قال أرسطو إن سرعة الجسم الساقط تتوقف  
على مقاومة الوسط الذى يسقط فيه الجسم ، فقطعه من الحجر مثلاً ،  
سوف تسقط فى الهواء بأسرع مما تسقط فى الماء . وقال كذلك  
إنه إذا سقط جسمان فى وسط مقاوم مثل الهواء فإن سرعة  
كل منهما ستوقف على وزنه . ولقد عبر كثير من الكتاب ،  
حتى قبل غاليليو ، عن شكوكهم فى هذه القاعدة ، فبين

جون فيلويونوس في القرن السادس أن العكس هو الصحيح ،  
وذلك عن طريق تجربة قام بها . وعالج غاليليو هذه المشكلة  
باستخدام قواعد التدليل المنطقي والرياضيات أكثر منه باستخدام  
التجربة المباشرة .

لقد اعتبر احتمالين في حالة الحركة ذات العجلة المنتظمة التي بدأت  
من حالة السكون : ( ١ ) أن السرعة تتناسب مع مسافة السقوط ،  
( ٢ ) أنها تتناسب مع فترة السقوط . أدى به الاحتمال الأول  
إلى تناقض ظاهر ، ومن ثم فقد قبل الاحتمال الثاني وهو القانون  
المعروف الآن والذي يقول بأن السرعة تساوى العجلة مضروبة  
في الزمن :  $s = c \cdot t$  . ثم استخدم بعد ذلك البرهان المعروف  
الذي يقول بأن الجسم ذا العجلة المنتظمة يتحرك خلال مسافة  
ف في فترة من الزمن  $t$  تساوى المسافة التي يتحركها خلال نفس  
الزمن لو أنه سار بمتوسط السرعة ، وتوصل من ذلك إلى قانون  
بمائل للقانون التالي :  $f = \frac{1}{2} c \cdot t^2$  .

وعندما أراد غاليليو أن يتحقق من ذلك القانون اقترح تجربة  
الحركة على سطح مائل ، كوسيلة « لتخفيف الجاذبية » ، تمكن  
الإنسان من دراسة الحركة المتدرجة البطيئة نسبياً لجسم ساقط  
على سطح مائل ، باستخدام الساعة المائية . ويعتمد هذا الاختبار

على نظرية غاليليو الهامة المتعلقة بتركيب الحركات . فالجسم المتحرك على سطح مائل ، حسب نظرية غاليليو ، يمكن تحليل حركته إلى عنصرين : الحركة الأفقية أو إلى الأمام ، والحركة الرأسية أو الساقطة ، وكل منهما منفصلة عن الأخرى . ولقد بين غاليليو ، من تجاربه على الأجسام الساقطة على سطوح مائلة ، أن هذا القانون  $f = \frac{1}{2} g t^2$  ينطبق في هذه الحالة ، حالة السطوح المائلة ، واستنتج من ذلك أنه ينطبق كذلك على الأجسام التي تسقط بحرية . وهنا نواجه مثلاً واضحاً لأسلوب غاليليو في علم الفيزياء : إنه يتصور الظروف التي توجد في حالة معينة ويضع لها الصيغ الرياضية ثم يستخلص النتائج المعقولة ، وأخيراً يلجأ إلى اختبار سريع للتأكد من نتيجته إذا كان الأمر في حاجة إلى اختبار . وكان اختبار التجريبي في هذه الحالة يعتمد على كور من النحاس تندحرج في مجرى معين . كان يقيس الزمن الذي تستغرقه الكرة في قطع مسافة معينة على سطح مائل بدرجة أو بأخرى . ووجد غاليليو خلال « تجارب كررها حوالي مائة مرة » أن الأزمنة تتفق مع القانون مع فروق « لا تستحق الذكر » . وتبين هذه النتيجة التي وصل إليها من أن الفروق « لا تستحق الذكر » كم كان متمسكاً بفكرته حتى قبل بدء التجارب ، فالواقع أن الطريقة البدائية التي أجرى بها تجاربه لا يمكن أن تصل به إلى قانون دقيق . والواقع

أن الفروق ، كما وجدها الأب مرسين الذى عاصر غاليليو ، كانت كبيرة لدرجة أن الأب مرسين لم يتمكن من إعادة تجارب غاليليو . حتى أنه كان يشك فى أن غاليليو قام بهذه التجارب على الإطلاق .

وما إن أقتنع غاليليو نفسه بأنه قد توصل إلى قانون الأجسام الساقطة ، حتى رغب فى استخدامه . كان يعلم جيداً أن هذا القانون لا يعمل إلا تحت ظل ظروف مثالية ينعدم فيها وجود وسط مقاوم ، غير أنه قرر ، بالرغم من ذلك ، أن يستخدمه فى حالة الأجسام الساقطة فى الهواء ، فقد لاحظ أن أثر مقاومة الهواء بالنسبة للأجسام الثقيلة مثل كرات المدافع ، كان أثراً ضئيلاً .

أخذ غاليليو فى اعتباره أن الحركة فى الهواء تختلف قليلاً عن الحالة المثالية ثم استخدم قاعدته لتحديد مسار القذائف . والقذيفة ، حسب تحليل غاليليو ، لها عنصران مستقلان للحركة ، الحركة الأفقية والحركة الرأسية ، شأنها فى ذلك شأن الكرة على السطح المائل . إذا أطلقت القذيفة أفقياً من بندقية فإنها ستسير إلى الأمام قاطعة نفس المسافة كل ثانية ، هذا إذا غضضنا الطرف عن عامل مقاومة الهواء ، وهو عامل طفيف . غير أن القذيفة ، ما إن تخرج من ماسورة البندقية حتى تبدأ فى السقوط نحو الأرض ،

ففي خلال الثانية الأولى ستسقط ١٦ قدما ، وفي خلال الثانية الثانية ستسقط ٤٨ قدما ، وفي خلال الثانية الثالثة ستسقط ٨٠ قدما . . وهكذا . وعلى ذلك فإن مسار القذيفة سيكون قطعاً ناقصاً . كان هذا الكشف شيئاً جديداً له أهمية قصوى في ميدان العلم الجديد المتعلق بمدى تصويب المدفعية .

وكذلك تضمن تحليل غاليليو كشفاً جديداً آخر هو قاعدة القصور . إنه لم يذكر هذه القاعدة بشكل واضح إلا أنه استخدم ، في فروضه الخاصة بحركة القذائف ، النظرية القائلة بأن الجسم سيظل في حالة حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية . لقد أدخل غاليليو الفكرة الثورية ، المضادة لعلم الفيزياء القديم ، والتي تقول بأن الحركة المنتظمة في خط مستقيم تكافئ ، فيزيائياً ، حالة السكون ، وهو بذلك حول علم الميكانيكا من أساسه الاستاتيكي إلى أساس كينماتيكي .

ولقد قدمت هذه القاعدة الجديدة أول تفسير كامل لميكانيكا الكون الكوبرنيكي . لقد صار في وسع المرء أن يفسر لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة برج عند قاعدة البرج بالرغم من أن الأرض قد تحركت أثناء سقوط الحجر . كما صار في وسعه أن يفهم ، لأول مرة ، لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة الصاري في مركب

متحرك عند قاعدة الصارى بالرغم من حركة المركب . لقد أشار غاليليو إلى أن الحجر كان يشترك مع المركب في الحركة إلى الأمام قبل أن يبدأ في السقوط ، وأن هذه الحركة إلى الأمام تظل تلازمه أثناء سقوطه ، ذلك أن الحركة إلى الأمام والحركة إلى أسفل نوعان مستقلان من الحركة . وعلى ذلك فلن يستطيع مشاهد موجود على هذا المركب أن يستنتج من هذه التجربة هل المركب في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة . وبعبارة أخرى ليس في ميسور المشاهد أن يميز بين حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة إلا باتخاذ نظام خارجي كمرجع له . هذه هي قاعدة النسبية لغاليليو ، وهذه هي كلماته : « بالنسبة للأرض ، للبرج ، أو لأنفسنا ، وكلها تتحرك مع الحجر تلك الحركة الدوارة ، تصبح هذه الحركة الدوارة وكأنها غير قائمة » .

\* \* \*

وهنا قد يتساءل القارىء : وما هي قصة التجربة الشهيرة التي ألقى فيها غاليليو كرتين مختلفتين في القدر والوزن من قمة برج بينا المائل ؟ لعله ألقى فعلا في مكان ما وفي وقت ما وزنين مختلفين ووجد أن تنبؤات أرسطو القائلة بوجود اختلاف كبير في لحظة وصول كل منهما إلى الأرض ، غير حقيقية ، إلا أنه يبدو من



البحرث الحديثة أنه لم يفعل ذلك من قبة برج پيزا ، على الأقل بشكل  
على أمام جمع من الناس .

لقد وصل غاليليو إلى آرائه المتعلقة بعلم الفيزياء عن طريق  
التفكير ، عن طريق التدليل السليم والرياضيات لا عن طريق  
الاستنباط من التجارب . لقد كتب الكلمات التالية في أثناء وجوده  
في پيزا قبل ذهابه إلى بادوا : « غير أننا ، كالعهد بنا دائماً ، نستخدم  
التدليل أكثر مما نستخدم الأمثلة ( ذلك أننا نبحث وراء أسباب  
الآثار التي نراها ، والتجارب لا تكشف هذه الأسباب ) » .  
كان غاليليو يركن إلى استخدام ما يمكن أن نسميه « التجارب  
الذهنية » ، وذلك بأن يتصور النتائج أكثر مما يشاهدها مباشرة .  
وهو عندما يصف حركة الكرة الساقطة من قبة قلع المركب المتحرك  
في « حوار عن النظامين الكبيرين للعالم » ، يجعل سمپليسيو الأرسطي  
يسأله هل قام بتجربة ما ليتحقق من ذلك . ويبادر غاليليو بالإجابة  
التالية : « كلا ، لست في حاجة إلى تجربة فأني أستطيع بدونها  
أن أؤكد أن الأمر كذلك لأنه لا يمكن أن يكون غير ذلك » .

ولكى يدحض غاليليو النتائج الناجمة عن منطق أرسطو قام  
بهجوم مباشر على الأرسطيين . لقد أشار ، مثلاً ، إلى أنه « قد يكون  
من الممكن أن يبدع فنان في صنع آلات الأرغن ولكنه لا يستطيع

أن يعزف عليها . وقد يكون المرء عالماً كبيراً في المنطق ، ولكنه غير خبير في استخدامه ، تماماً كما قد تقابل الكثيرين الذين يفهمون جيداً فنون الشعر من الناحية النظرية ولكنهم لا يستطيعون صياغة أربعة أبيات من الشعر ، أو الذين يتمتعون بالقدرة على تذوق الرسوم المختلفة ولكنهم لا يستطيعون رسم مجرد مقعد بسيط . إن هؤلاء الذين يصنعون الأراغن لا يعطون دروساً في العزف عليه ، إنما يفعل ذلك العازفون المهرة ، والمرء يتعلم الشعر بقراءته المستمرة ، ويتعلم التصوير بالرسم والتخطيط المستمرين ، ويتعلم التدليل من قراءة الكتب المليئة بالتدليل ؛ وكل هذه هي الجوانب الرياضية لا الجوانب المنطقية .

أما بخصوص التجاء أرسطو إلى شواهد الحس فقد تساءل غاليليو : « ألم يقل أرسطو بأن علينا أن نفضل ما تدل به الحواس عن كافة الحجج ، حتى ولو كان مظهره لا يقوم على أساس قوى ؟ ألم يقل ذلك بدون أدنى شك أو تردد ؟ » ويجب سمليسير الأرسطى على ذلك بقوله « إنه يفعل ذلك » . وهنا يقول غاليليو « ... إنك ستجادل بشكل أكثر أرسططالية عندما تقول إن السماء غير قابلة للتغير لأن حواسي تبثني بذلك أكثر منك عندما تقول إن السماء غير قابلة للتغير لأن المنطق قد أقنع أرسطو بذلك . وبالإضافة إلى ذلك يمكننا نحن أن نناقش موضوع المواد السماوية بأفضل

بما كان في ميسور أرسطو ، فهو قد اعترف بأن المعارف المتعلقة بها كانت صعبة بالنسبة له لبعده السماء عن شواهد حسه ، وهو بذلك يعترف بأن المرء الذي يستطيع أن يصل بأحاسيسه إلى معارف أكبر عن السماء سيكون في وضع يمكنه من التفلسف بخصوصها بقدر أكبر من اليقين . ولقد مكنتنا المناظير المكبرة من أن تقترب من السماء ثلاثين أو أربعين مرة أكثر من أرسطو ، وصار في ميسورنا أن نكتشف في السماء مئات الأشياء التي لم يقدر على رؤيتها مثل البقع الشمسية التي لم يشاهدها هو مطلقاً . كل هذا يجعلنا نتحدث عن السماء والشمس بيقين أكثر من أرسطو .

وتحفل كتابات غاليليو بالمراجع التي تشير إلى المشاهدات المباشرة والحقائق الناجمة عن الخبرة . من هذه الزاوية بنى غاليليو عليه على أساس تجريبي . ولكنه لم يكن ، بأية حال ، ذلك التجريبي الذي أراد كتاب القرن التاسع عشر أن يصوره . لأنه لم يكن تجريبياً دقيقاً ، بالرغم من أنه كان مشاهداً مدققاً ، وتصويره كباحث صبور لا يستخلص النتائج إلا بعد التجارب الطويلة لا يتعدى مجرد تضليل في كتابة التاريخ . إن هذه الصورة تعكس نوعاً من رجال العلم جاء متأخراً ، ويعتبر روبرت بويل المثل الحي له . إن أعظم ما أسهم به غاليليو فكرته القائلة بأن الرياضيات

لغة الحركة ، وأن التغير يمكن وصفه رياضياً بطريقة تعبر عن  
عموميته وحتميته ، وتعتبر أيضاً عن شموله وإمكان تطبيقه على عالم  
الواقع . وبينما كان غاليليو يسخر من الجانب العددي في الأفلاطونية ،  
إذا به يصرح في الصفحات الأولى من « حوار » : « إننى أعلم  
جيداً أن الفيثاغوريين يكتنون أبلغ التقدير لعلم الأعداد وأن  
أفلاطون ذاته كان يقدر الذهن الإنسانى ويؤمن بأنه يشترك في صفة  
القدسية لمجرد أنه يستطيع أن يفهم طبيعة الأعداد . وأنا شخصياً  
أميل إلى أن أنخذ نفس الموقف » . ولقد وضع « حب الطبيعة  
للأعداد » في كشف غاليليو أن الجسم الساقط تزايد سرعته  
مع توالى الزواى بنسب عددية متكاملة هي ١ ، ٢ ، ٣ .... والمسافة  
التي يقطعها الجسم في سقوطه مع توالى الزواى تزايد بنسبة الأعداد  
الفردية ١ ، ٣ ، ٥ .... ولا شك في أن العالم الذى أثر على تفكير  
غاليليو بالدرجة الأكبر هو أرشميدس ، غير أن أرشميدس وضع  
هندسة السكون ، بينما وضع غاليليو هندسة الحركة .

\* \* \*

كانت النتيجة الأساسية لأعمال غاليليو خلال حياته بأكملها  
هى استخلاص أدلة جديدة تعضد نظرية كوبرنيكوس عن النظام  
الشمسى ، وتقديم التفسير الميكانيكى لحركة الأجرام فى هذا النظام .

ولعل موجة العداء التي ارتفعت في وجه أعمال غاليليو دليل على النجاح الذي أحرزه في هذا الصدد . لقد ارتطم غاليليو في أخريات أيامه بلجان التحقيق الرومانية . كان غاليليو يرى أن الكتاب المقدس لم يكن يهدف إلى تعليم العلوم ، وعبر عن ذلك اثرأى في خطابه الشهير الذي بعث به إلى الدوقة العظيمة كرسيتها . قال إن كلمات الكتاب المقدس يجب ألا تؤخذ حرفياً ، وإن ما جاء في الكتاب المقدس بخصوص دوران الشمس حول الأرض لم يكن يرمى إلى تأكيد نظام مركزية الأرض ، وإنما كان مجرد تعبير عما تشاهده ونعبر عنه كل يوم . ( ونحن مازلنا نتحدث حتى اليوم عن بزوغ الشمس وغروبها ) . ومن هنا كان غاليليو يرى أنه في ميسور المرء أن يقبل النظام الكوبرنيكي ، ويظل في نفس الوقت كاثوليكياً طيباً غير حاث ، بأية حال ، بالكتاب المقدس .

ولو أن غاليليو ظل في بادوا التابعة لحكم فينسيا التي كانت تعتبر نفسها مستقلة عن حكم البابا ، ما اضطر إلى مجابهة لجان التحقيق . غير أن الشهرة التي أصابته مع كشفه الأولى بالمنظار المقرب دفعته إلى أن ينتقل إلى فلورنسا . ولقد كتب الكثير عن محاكمة غاليليو والحكم عليه ، غير أننا لن تناقش ذلك في هذا الفصل القاصر على نشاطه العلمي . حقاً إن غاليليو لم يعذب خلال المدة التي مكثها في سجن التحقيق ، غير أنه لا بد وقد تأثر بمعرفته

أن كثيرين قد عذبوا وأنه لم يمض وقت طويل منذ أن حرق  
جيردافو برونو حيا . كان قد بلغ التاسعة والستين ، وصحته  
متدهورة . ولقد كتب ثلاثة أطباء ، في معرض محاولتهم تجنبه  
المحاكمة ، عام ١٦٣٣ ما يلي : « من الواجب اعتبار حالته الصحية  
وأن أى سوء يصيب صحته قد يودى بحياته » . إن هذا الرجل  
المسكين ، الذى كان يتوق إلى محاربة من ينكرون الحقائق الجديدة  
قد طعنته رحا المجلس المقدس للكنيسة التى لم يتوقف عن ولائه  
لها ، « واعترف ، بعد التحقيق المتكرر معه :

« أقسم ، أنا غاليليو غاليلى ، ابن المرحوم فسنزو غاليلى  
الفلورنسى ، وأنا أبلغ من العمر سبعين عاما ، وأنا أركع أمامكم  
لتحاكمونى ، أيها الكاردينالات المجبلين القائمين على التحقيق باسم  
الكنيسة العامة للقضاء على الهرطقة والمروق ، وأنا أضع أمام  
عيناي الكتاب المقدس وألمسه بيدى ، أقسم أتى آمنت دائما  
وأنتى سأومن فى المستقبل ، بمعونة الله ، بكل كلمة جاءت فى الكتاب  
المقدس ، وبكل تعاليم كنيسة روما . ولما كان المجمع المقدس  
قد طلب إلى أن أتخلى عن الفكرة الخاطئة القائلة بأن الشمس تقع  
فى المركز ولا تتحرك ، ولما كان قد حرم على أن أومن بهذه الفكرة  
الخاطئة أو أدافع عنها أو أقوم بتعليمها . . . فأتى على استعداد أن  
أنزع من أذهانكم ومن ذهن كل مسيحى كاثولىكى ، هذا الشك

العنيف الذى راودكم بحق من جهى . وإنتى ، بناءً على ذلك ،  
وبقلب مخلص ، وإيمان راسخ ، ألعن وأحقر هذه الأخطاء والزندقة  
وكافة الأخطاء والآراء المضادة لما تقوله الكنيسة المقدسة ، وأقسم  
إنتى لن أذكر فى المستقبل ، كتابة أو شفاهة ، ما من شأنه أن يثير  
الشك ضدى ، بل أقسم إنه ما إن يصل إلى على شىء بخصوص  
أى شخص يؤمن بهذه الطريقة أو يشك فى إيمانه ، فإننى سأحيط  
المجمع المقدس أو المحقق فى مكان وجودى ، علما بما وصل إلى .  
وأقسم ، علاوة على ذلك ، إننى سأحقق كافة الالتزامات التى وضعها  
المجمع المقدس أو سيضعها على كاهلى . فإذا حدث أننى خرقت  
عهودى وتعهداتى أو حثت فى قسمى ( وليجنبنى الله ذلك ) ،  
فإننى أعرض نفسى لكل الآلام والعقوبات التى قررتها الكنيسة  
المقدسة ضد الملعدين ومن شاكلهم . فليعاوننى الله ، وليعاوننى  
الكتاب المقدس ، الذى ألمسه بيدي ، وأنا ، غاليليو غاليلى ،  
أقسم وأتعهد وأغل نفسى بما تعهدت به ، وأقرر أمام الشهود  
إننى كتبت هذا بمحض إرادتى وإنتى قد تلوته كلمة إثر كلمة ، .

• • •

ولا يسع المرء إلا أن يعجب بتلك الروح التي لا تخبو ،  
والتي مكنت غاليليو ، والحجل يكلله ، والسجن يحيط به ، والمرض  
يحاصره ، وكتاباتة بمنزعة التداول ، من أن يستكمل كتابه الأخير  
الهام « العلوم الحديثة » الذي نشر سرأ . ويحن لنا اليوم أيضاً  
أن نتساءل هل كسبنا حقاً معركة حرية الإيمان ، فنحن مازلنا  
نستطيع أن نردد عبارة غاليليو : « إن الفلسفة تبني الحرية » .





## إسحاق نيوتن

### بتم : ١ . برنارد كوهين

ان عقلية إسحاق نيوتن وشخصيته تحديان كل مؤرخ . كان شخصا غريبا فريدا ، وكانت الينابيع التي يستقي منها سلوكه خافية حتى على معاصريه . شبه أحد المؤرخين في عصره بنهر النيل .. تعرف قوائمه العظيمة .. ولكنك لم تكشف عن منابعه . غير أن الحقائق الجديدة التي حصلنا عليها والخاصة بالفترة الأولى من حياته تمكننا من معرفة جزئية لصفاته نيوتن وخط تطوره .

ولد نيوتن طفلا غاية في الضعف ، حتى ليقال إنه كان عليه أن يرتدى دعامة عنق خاصة في شهوره الأولى لتحمل رأسه على كتفيه . لم يتوقع أحد أن يظل حيا . وكثيراً ما كان يحلوا لنيوتن ، بعد أن كبر ، أن يقول إن أمه كانت تذكر دائماً أنه ولد صغيرا جداً لدرجة أنه كان يمكن وضعه في إناء صغير .

مات أبوه قبل ولادته بثلاثة أشهر ، وتزوجت أمه مرة أخرى قبل أن يبلغ الثانية من عمره ، وكفلته جدته العجوز . كان يحيا في مزرعة منعزلة ، محروما من حنان الأبوين وحبهما ، دون إخوة

أو أخوات تجمععه وإياهم الصداقة والتنافس . ويرى المرحوم لويس .  
ت . مور ، واضح أفضل تاريخ حديث نيوتن ، يرى أن كافة  
الصفات الانعزالية لهذا العالم يمكن إرجاعها لهذه الطفولة الوحيدة  
غير السعيدة .

ولما كان نيوتن قد ولد عام ١٦٤٢ ، فإنه ترعرع في عهد سادت  
فيه « فظائع الحرب الأهلية الطويلة المريرة » . كانت غارات القتل  
والنهب شيئاً طبيعياً . وألقيت ظلال الشك على جدته « لعطفها على  
قوات الملك » . وما كان لهذا الطفل الذي تحيط به المخاوف الحقيقية  
إلى جانب « مخاوف خلقها خياله » ، ما كان له أن يجد الراحة  
بين أحضان جدته أو أجراء المزرعة ، وكان من الطبيعي ، كما لاحظ  
مور ، أن يستغرق الولد الصغير في « خضم من تأملاته في وحدته » ،  
وأن ينمى في نفسه القدرة على التركيز التام . وصفته فتاة عرفته  
في شبابه بقولها إنه « شاب هادئ ساكت مفكر » ، لم يشاهد وهو  
يشارك الأطفال لهوهم ولعبهم .

ولا شك أن نيوتن تغلب تماماً على ضعفه الجسماني قبل أن يصل  
إلى سن الدراسة إذ تذكر إحدى زميلاته في المدرسة أنه تحدى صيباً  
جرماً لأنه ضربه في بطنه ، تحداً « وكال له الضربة بعد الضربة  
حتى هزمه » . ولقد انتصر نيوتن نتيجة « روحه القوية وتصميمه



1890-2  
1891-3

الشديد . . وكان هذا الصبي من أوائل الفصل فقرّر نيوتن أن « يهزمه كذلك في ميدان الدراسة » ، « وجاهد حتى نجح في ذلك ، وظل يتقدم حتى صار أول الفصل » .

وعندما بلغ نيوتن الرابعة عشرة من عمره أخذته أمه إلى بيتها بعد أن مات زوجها الثاني . حاولت أن تجعل منه فلاحا ، واسكنها فئسات كل الفشل ، فقد كان نيوتن عزوفا عن الفلاحة مفضلا عليها القراءة أو عمل النماذج الخشبية بسكينه ، أو حتى الاستغراق في الأحلام . ومن حسن حظ العلم أن تخلت الأم عن محاولاتها وسمحت له أن يعد نفسه للجامعة كامبريدج .

وما إن بلغ نيوتن الثامنة عشرة من عمره حتى التحق بكلية ترينتي . ومرت السنوات الأولى من دراسته الجامعية دون أن يلفت النظر بشكل خاص . ثم وقع تحت تأثير إسحاق بارو ، وهو رجل غير عادي يعمل أستاذا للرياضيات . كان رياضيا ممتازا ، وعالما في الكلاسيكيات ، وفلكيا ، وحجة في علم البصريات . وكان بارو من أوائل الذين أدركوا عبقرية نيوتن . وبعد أن حصل تلميذه على درجته بقليل ، استقال بارو من كرمي الأستاذية كي يجلس عليه نيوتن وهو لم يتجاوز السادسة والعشرين من عمره . لقد صار نيوتن يحتل منصبا أكاديميا ممتازا وفتحت له الطريق لمتابعة دراساته التي حددت معالم عصر بأكمله .

وكان نيوتن قد غرس فعلا بذور مساهمته الثورية في ثلاثة فروع متميزة من فروع العلم : الرياضيات ، وميكانيكا الأجرام السماوية ، والبصريات . وما إن تخرج في جامعته حتى عاد إلى منزله في ولستورب حيث عكف على عمله لمدة ثمانية عشر شهرا يمكن أن توصف ، بحق ، إنها أكثر الشهور إثمارا في تاريخ التخیل الخلاق . والواقع أن نيوتن قد أمضى بقية حياته العلمية في استكمال كسوفه العظيمة التي توصل إليها خلال هذه الشهور الذهبية ، . وفيما يلي كلماته التي وصف بها ما حققه في ولستورب :

« في أوائل عام ١٦٦٥ وجدت طريقة لتقريب المتسلسلات ووجدت قاعدة لاختزال أى أس لكمية ذات حدين إلى متسلسلة [ أى نظرية ذات الحدين ] . وفي مايو من نفس العام توصلت إلى طريقة المماسات لجريجورى وسلازياس ، وفي نوفمبر [ كشفت ] الطريقة المباشرة للفروق [ أى مبادئ الحساب التفاضلى ] ، وفي يناير من العام التالى توصلت إلى نظرية الألوان ، وفي مايو من نفس العام بدأت فى استخدام معكوس طريقة الفروق [ أى حساب التكامل ] ، وفي نفس العام بدأت أفكر فى قانون الجاذبية بحيث يشمل مدار القمر . . . وعندما قارنت بين القوة اللازمة لحفظ القمر فى مداره وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وجدت أنهما متقاربتان لحذ كبير . . . . »

ونتيجة لما قام به نيوتن من تحليل الضوء والألوان - وكان قد حفظ لنفسه هذا الكشف على استحياء - تمكن من اختراع منظار عاكس يعالج الزيغ الناجم عن العدسات المستخدمة في المناظير الأخرى . وقدم إلى الجمعية الملكية في لندن ملخصا وصف فيه منظاره الجديد ، وسرعان ما انتخب - وهو في سن الثلاثين - عضوا في الجمعية الملكية ، وحظى بذلك على أكبر درجات الشرف العلمية في إنجلترا .

ولقد أخذ نيوتن بهذه الشهرة المفاجئة أمام الرأي العام . كان مترددا في إعلان كشوفه ، ولكنه طلب ، قبل أن ينقضى أسبوع على انتخابه في الجمعية الملكية ، إذنا لتقديم بحث عن « الكشف الفلسفي ، الذي دفعه إلى « صنع هذا المنظار » . وبلمحة لا يشوبها التواضع الكاذب قال إنه توصل إلى « أغرب كشف إن لم يكن أعظم كشف توصل إليه عالم فيما يتعلق بعمليات الطبيعة » .

أرسل نيوتن خطابه « الذي يحوى نظريته الجديدة عن الضوء والألوان ، إلى الجمعية الملكية في لندن في السادس من فبراير عام ١٦٧٢ . وكان هذا الخطاب أول بحث نشره نيوتن ، كما أنه وضع الأساس ، لأول مرة ، لعلم الطيف ، وفتح عهدا جديدا في تحليل ظواهر الألوان . وفي كلمة ، لقد بين نيوتن كيف أن المنشور

الزجاجي يحلل الضوء إلى ألوانه المختلفة ذات معاملات الانكسار المختلفة ، وكيف أن منشوراً آخر يمكنه أن يجمع هذا الضوء المتحلل ويعيده سيرته الأولى . إن هذه التجارب الرائعة تعد بمثابة فتح جديد ييسر صياغة نظريات جديدة عن طبيعة الألوان . غير أن هذا البحث لم يلاق التقدير العام الذي توقعه نيوتن ؛ إذ انهارت على الجمعية الملكية خطابات كثيرة تعارض نتائج نيوتن ، كتب بعضها رجال عديمو الوزن من الناحية العلمية وكتب البعض علماء بارزون مثل كريستيان هيوجن وروبرت هوك . وانبرى نيوتن ، بصبر عجيب ، يرد على هذه الخطابات الواحد إثر الآخر بحذر وعناية ؛ ولكنه لم يكسب إلى صفه إلا واحداً من هؤلاء المعارضين هو الأب الجيزويتي پارديس الفرنسي .

وكان لهذا الجدل أثره الحاد على شخصية نيوتن ؛ فأقسم أنه لن ينشر كشفه الأخرى ، وكتب خطاباً إلى لينتز يقول فيه : « لقد آلمني هذا الجدل الذي استشرى نتيجة نشرى لنظريتي عن الضوء حتى لقد أنبت نفسي على كوني قد فرطت في نعمة الهدوء من أجل الجري وراء مجرد خيال . أو ظال . ولكنه مع ذلك استمر ينشر بحوثه فقد كان يهدف إلى الحصول على تقدير الأوساط العلمية . ولم يتوان أعداؤه عن الإشارة إلى هذا الازدواج في شخصية نيوتن ، وكتب الفيلسوف جون فلامستيد ، أحد معارضيه ،

يصفه بأنه « شخصية خداعة تتميز بالطموح وبالرغبة في سماع  
التقريظ . . . ولكنها في نفس الوقت لا تطيق المعارضة . . .  
إنني أعتقد إنه رجل طيب في أعماقه ، غير أنه شكك بطبيعته ، .  
وفي كامبريدج ، كان نيوتن مثالا للأستاذ الشارد الذهن .  
كتب كاتم سره همفري نيوتن ( ليس بينهما قرابة ) ، إنه لم ير  
نيوتن « يروح عن نفسه بنزهة في الهواء الطلق أو بركوب الخيل  
أو لعب الكرة أو غير ذلك ، فقد كان يؤمن أن كل ساعة لا يصرفها  
في دراساته ساعة ضائعة » . وكثيراً ما كان يعمل حتى الثانية أو الثالثة  
صباحاً . وكان يأكل قليلاً أو ينسى تماماً أن يتناول شيئاً من الطعام .  
وعندما يذكره شخص ما بذلك يذهب إلى منضدة الطعام ويتناول  
« قليلاً من هذا أو ذاك وهو واقف » . ونادراً ما كان نيوتن يتناول  
غذاه في قاعة الكلية ، فإذا فعل ذلك فدون أن يربط حذاءه  
أو يشد جواربه أو يمشط شعره أو يخلع وشاحه . . وكثيراً  
ما يقال إن نيوتن كان يلقي محاضراته في قاعة خالية بنفس الحماس  
الذي يلقيها به والقاعة غاصة بالطلبة .

\* \* \*

وبعد انتهاء الجدل المستمر بين نيوتن ومعارضيه أثر الانسحاب  
من أمام الرأي العام كعالم ، وخدم كليته بأن مثلها في البرلمان



واستمر في بحوثه الخاصة في ميادين الكيمياء والكيمياء واللاهوت والفيزياء والرياضيات . تعرف على لينتز ، معاصره العظيم ، ولكنه رفض أن يقدم إليه شيئاً عن كشافه في علم الرياضيات . ومن المقرر الآن أن كلا منهما قد توصل بمفرده إلى علم التفاضل والتكامل ، غير أن الرجلين وأنصارهما قد تعاركا بشدة حول أحقية كل منهما في هذا الكشف واتهم نيوتن لينتز بانتحاله للملكية غيره . كان نيوتن غيوراً على ملكيته لكشافه ودراساته حتى لقد صاحب كل كشف حققه في حياته الخلاقة معركة من نوع أو آخر .

وفي عام ١٦٨٤ طرق باب نيوتن زائر كبير هو الفلكي إدموند هالي . كانت تدور في رأس هالي مشكلة متعلقة بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب . لقد استنتج ، مع هوك ، على أساس تقارير چوهان كبلر عن حركة الكواكب ، أن قوة الجاذبية بين الشمس وأى كوكب من الكواكب ، تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينهما ، غير أنهما لم يتمكنوا من إثبات فكرتهما . وتقدم هالي إلى نيوتن بسؤال : « ما هو المنحنى الذى سيتخذه مسار الكواكب إذا افترض أن الجاذبية تتناقص بما يتناسب مع مربع المسافة ؟ » . وأجاب نيوتن دون تردد « قطع ناقص » . كيف عرف ذلك ؟ . وأجاب نيوتن « لقد حسبته » . وتبين هالي من هاتين الكلمتين

أن نيوتن قد توصل إلى أحد القوانين الأساسية في الكون — قانون الجاذبية . وأراد هالي أن يطّلع فوراً على الحسابات ، غير أن نيوتن لم يعثر عندئذ على مذكراته ، ولكنه وعد بأن يكتب نظرياته ووسائل البرهنة عليها . وتحت إلحاح هالي المستمر أكمل كتابة الأصول لتقديمها إلى الجمعية الملكية . وهكذا ولد كتاب « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات » الذي عرف منذ ذاك باسم « المبادئ » .

وقبل أن ينشر الكتاب برزت أزمة بين هوك ونيوتن بخصوص أحقية كل منهما في قانون الترييع العكسي . وهدد نيوتن بنزع الفصول الأساسية من كتابه ولكن هالي تدخل وظهر الكتاب العظيم دون أن يمس . ولا شك أن هالي قد لعب دوراً كبيراً في إخراج هذا الكتاب ، فإلى جانب أنه دفع نيوتن إلى كتابته ، كان يراجع الكتاب على الأصول ودفع تكاليف النشر بالرغم من أنه لم يكن ثرياً .



ينقسم كتاب « المبادئ » إلى ثلاثة « كتب » . عرض نيوتن في الكتاب الأول قوانينه الثلاثة للحركة ودرس نتائج قوانين القوة المختلفة . وفي الكتاب الثاني درس الحركة في أنواع السوائل المختلفة ، وكان أقل نجاحاً في ذلك إذ أدخل العلماء في العقود التالية

كثيراً من التعديلات على ما جاء في هذا الكتاب . وفي الكتاب الثالث ناقش الجاذبية الكونية وبين كيف أن هناك قانوناً واحداً للقوة يفسر سقوط الأجسام على الأرض كما يفسر حركة القمر وتراجع المشتري وحركة الكواكب وظاهرة المد والجزر .

وكانت إحدى المشكلات المعقدة التي جابهت نيوتن هي إثبات أن الجسم الكروي يجذب الأجسام الأخرى إليه كما لو كانت كتلته متركزة في مركزه . بدون هذا الإثبات تظل نظرية الجاذبية بأكملها معتمدة على البداهة أكثر من اعتمادها على الحسابات المضبوطة . فإذا أخذنا مثلاً الحالة البسيطة ، حالة سقوط تفاحة على الأرض — التي تكمن فيها الفكرة الأساسية للجاذبية كما يقول نيوتن — فإننا سنسأل : « ما هي المسافة بين ، الأرض والتفاحة ؟ هنا يأتي حساب التفاعل والتكامل . لقد اعتبر نيوتن أن الأرض مكونة من مجموعة من أحجام صغيرة جداً من المادة كل منها تجذب التفاحة حسب قانون التربيع العكسي للجاذبية . ثم جمع بعد ذلك قوى الجذب المختلفة وبين أن النتيجة النهائية مماثلة تماماً للنتيجة التي يحصل عليها إذا اعتبر أن كتلة الأرض بأكملها تكمن في نقطة صغيرة في مركزها .

وما إن انتهى نيوتن من كتابه « المبادئ » حتى كان يعاني من

نوع من « الانهيار العصبي » . كان يشكو من عدم قدرته على النوم ومن فقدانه « لتمامه الذهني السابق » . كان يكتب خطابات غاضبة إلى أصدقائه ثم لا يلبث أن يعتذر إليهم ؛ كتب مثلا إلى جون لوك يعترض بشدة على أن هذا الفيلسوف حاول أن « يقحمه في أمور نسائية » .

وفي عام ١٦٩٦ تخلى نيوتن عن حياته الأكاديمية العلمية واحتل مركز محافظ دارسك النقود ثم مديرها . غير أنه ظل يتلقى صنوف التكريم نتيجة لما حققه في ميدان العلم . أعطى لقب فارس عام ١٧٠٥ وشغل لمدة سنين منصب رئيس الجمعية الملكية . وفي الربع قرن الأخير من حياته لم يقدم نيوتن إضافات هامة للعلم . قال البعض إن عبقريته الخلاقة قد احترقت ، وقال البعض الآخر إنه ، وقد أقام أسس علم البصريات واخترع حساب التفاضل والتكامل ، وكشف عن نظام حركة الكون ، لم يعد أمامه ما يضيفه في ميدان العلم .

وبالرغم من أن نيوتن لم يصل إلى كشوف جديدة في سنيه الأخيرة إلا أن هذه السنين لم تكن مجدبة وخالية من الأفكار . لقد كان شهيرا ومكرما وبلغ درجة من الأمان تسمح له بأن يتأمل في بعض المشاكل العلمية ويقدم للناس تأملاته . قدم عديدا من الفروض عن « سبب » الجاذبية ، وعن طبيعة « الأثير » ، وعن

حجم الوحدات التي تكون المادة ، وقوى الكهرية والمغناطيسية ،  
وسبب الاستجابة العضلية « لرغبات الإرادة » ، ومنبع الإحساسات ،  
وخلق العالم والمصير النهائي للإنسان . ولقد سار الكثيرون من  
المجريين على هدى تأملات نيوتن في القرن الذي جاء من بعده .

كثيراً ما يوصف نيوتن بأنه فاتح « عهد التحقّل » ، ولقد عبر  
ألكسندر بوب عن مشاعر عصره في السطور الشهيرة التالية :

كانت الطبيعة وقوانينها تختفي في ظلمات الليل  
نخلق الله نيوتن ! وعم الضوء المكان

غير أن المرحوم اللورد كينز لفت النظر إلى جانب آخر  
من جوانب نيوتن : سعيه وراء الحصول على إجابة عن لغز  
الوجود ، واهتمامه البالغ بالخيما ، وآرائه اللاهوتية غير  
الأرثوذكسية ، وفلسفته المهمة ودراساته الدينية . إن كل من يقرأ  
كتابات نيوتن غير العلمية أو يطلع على التأملات التي نشرها  
في كتابه « البصريات » بخصوص نهاية الحياة لن يرضى تماماً عن  
سطور بوب ، ولعله سيفضل كلمات وليم وردزورث التي قال فيها  
عن نيوتن :

كان في سكونه ويده ممشورة  
عقلا يحوب إلى الأبد  
بحار الفكر الغريبة وحيدا



# روبرت هوك

بمقام ، ١٠٠٠ . داله . اندراد

**كل** من درس الفيزياء والهندسة لابد وأن يعرف اسم روبرت هوك من دراسته لقانون هوك ( الاجهاد الميكانيكي أو الاستطالة تتناسب مع الشد ) . إن هذا القانون ، والنتائج التي استخلصها هوك منه ، لها أهمية كبيرة تكفي بذاتها لوضع اسمه في مكان بارز من تاريخ العلم . غير أن هذا القانون لا يمثل إلا جزءا من الأعمال التي حققها هوك ، فهو قد أسهم بشكل قيم في كافة فروع العلم التي كانت معروفة في عصره . لقد عبر العلماء الذين درسوا أعماله ، أو بعض جوانب منها ، عن إعجابهم الشديد بعبقريته المتعددة الجوانب وبكشوفه الواسعة المدى ، إلا أن أعمال هوك ، مع ذلك ، ليست معروفة بالدرجة الكافية .

ولد روبرت هوك في الثامن عشر من يوليو عام ١٦٣٥ في قرية « فرشواتر » بجزيرة وايت إلى جوار الشاطئ الجنوبي من إنجلترا . كان أبوه يعمل كاهنا هناك ، وكان يحيا في بيت صغير ظل قائما في مكانه حتى بداية القرن الحالي . كان روبرت طفلا ضعيفا

منذ ولادته ولم تتحسن صحته بشكل ملحوظ طوال حياته . كان يشكو الصداع ، وهو شاب صغير ، ولعله من المؤكد أن السبب في ذلك هو التهاب مزمن في جيوبه الأنفية . وتدلنا المذكرات التي كان يكتبها في منتصف حياته أنه كان فريسة لنزلات البرد وعسر الهضم ، حتى لقد كان يسرع بتدوين أية وجبة من الطعام يستريح لها ، كما كان فريسة للدوخة والارق والأحلام المزعجة التي تراوده عندما ينام . ولعله يجدر بنا أن نتذكر هذه الآلام المزمنة التي لازمته عندما نستمع إلى اللوم الذي كان ينال عليه نتيجة لسرعة تهيجه .

وبالإضافة إلى ذلك لم يكن هوك جميل المنظر إذ يصفه معاصروه بأنه كان رفيعا منحنيا لا ترتاح العين كثيرا لرؤيته ، فله واسع رفيع وذقنه مدبب . ويشير صامويل بينين إلى مظهر هوك في مذكراته ، بعد زيارته للجمعية الملكية في الخامس عشر من فبراير عام ١٦٦٥ ، بقوله : « كان مستر بويل حاضرا ، الاجتماع ، وكذلك مستر هوك الذي اعتبره من أعظم من رأيت في حياتي وإن كان مظهره ينم عن عكس ذلك » .

وعندما بلغ هوك الثالثة عشرة من عمره مات أبوه . وتمكن الصبي بطريقة ما من أن يصير « صبيا » عند السير بيتر ليلى الرسام



الشهير في لندن . غير أن روائح زيوت البويات زادت حالة الصداع لديه سوءاً وسرعان ما ترك هذا العمل ليذهب إلى المدرسة في وست مينستر حيث حظى بتقدير ناظر المدرسة الشهير الدكتور بزبي الذي ظل صديقاً له طوال حياته . كان أبوه قد ترك له مائة جنيه ، وهو مبلغ كبير القيمة إذ ذاك . وعندما بلغ هوك الثامنة عشرة من عمره التحق بجامعة أكسفورد وهو على معرفة محدودة باللاتينية والإغريقية ومبادئ الهندسة . كان قد اكتسب مهارة كبيرة في الأعمال اليدوية بالخشب والمعادن ، وكذلك في الرسم ( كما وضح في الرسوم التي صنعها بعد ذلك ) ، وكانت لديه من المقدرة الموسيقية القدر الذي مكّنه من الحصول على منصب عازف في كنيسة المسيح وهي إحدى كليات جامعة أكسفورد . استطاع هوك أن يعول نفسه من مرتبه كعازف إلى جانب عمله كخادم لشخص يدعى مستر جودمان .

\* \* \*

وفي أكسفورد كانت هناك مجموعة من الشبان اللامعين الذين وجّهوا اهتمامهم العميق إلى العلوم التجريبية ، وكانت إذ ذاك شيئاً جديداً . كان من بينهم كرسطوفر رن وروبرت بويل اللذان كان لهما أثر كبير على مستقبل هوك . كان بويل أكبر من هوك بثلاث



سنوات ، ميسور الحال ذو وضع مرموق ، فهو الابن السابع والطفل الرابع عشر لإيرل كورك « العظيم » . وكان يقال فيما بعد إن بويل « أبو الكيمياء وأخو إيرل كورك » . وحوالى عام ١٦٥٥ ، وهوك ما زال طالبا فى جامعة أكسفورد ، ألحقه بويل كمساعد له فى تجاربه . ويرجع الفضل إلى هوك فى تصميم وصنع المضخة الهوائية التى وصفها بويل فى كتابه الأول ، بل إن كثيرا من الأدلة يشير إلى أن هوك هو بالفعل صاحب « قانون بويل » .

وكان أول كتاب نشره هوك عام ١٦٦١ ، وهو كتاب صغير ، يعالج ظواهر التوتر السطحي وخاصة ظاهرة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية ، وهو لم يذهب إلى حد تفسير هذه الظواهر ، غير أن كتابه يحوى ملاحظات هامة وتسرى فيه روح التجريبية بشكل واضح . لقد أدرك مثلا أن العامل الذى يدفع بالسوائل إلى الارتفاع فى الأنابيب الشعرية ، هو الذى يؤدى كذلك إلى أن تطفو الأجسام الصغيرة على السطوح السائلة وإلى أن ترتفع العصارة فى الشجرة والزيت فى قنديل المصباح .

وكان أول اختراع هام توصل إليه هوك هو عجلة الضغط فى الساعة . ولقد أدى هذا الاختراع إلى أول مناقشة عنيفة من تلك المناقشات التى قدر لها أن تنهض أغلب حياته وتسمم علاقته

مع بعض معاصريه . والواقع أن قصة هذا الاختراع غير واضحة تماما . كانت الساعات ، قبل هوك ، تضبط بواسطة قضيب هزاز يتحرك إلى هنا وإلى هناك نتيجة تأثير أسنان عجلة الإفلات . وكانت هذه الساعات تنقصها الدقة حتى لقد اتخذ شاكسبير من ساعات عصره التي كانت تسمى « بيض نورمبرج » ، مثلا لعدم الدقة حين قال :

المرأة ، مثل الساعة الألمانية  
دائما في التصليح ، ودائما خارج غلافها  
ودائما غير مضبوطة : فهي ساعة . . .

ليس ثمة شك في أن هوك قد فكر فعلا في استخدام الزنبرك للتحكم في ذبذبات عجلة الضبط في الساعة ، وأنه عمل على تسجيل هذا الاختراع قبل عام ١٦٦٠ . ولعله من المحتمل أنه قد اخترع ، بعد بضع سنوات ، الزنبرك اللقاف الذي استخدمه فيما بعد (عام ١٦٧٥) كريستيان هيوجين . غير أن هوك فشل في نشر هذا الاختراع على الملأ ، وفسر ذلك الفشل فيما بعد على أنه يرجع إلى خلافات برزت بينه وبين معصديه في عملية التسجيل . وما إن بلغت هوك أخبار اختراع هيوجين حتى سارع بتقديم مذكرة إلى الجمعية الملكية يطلب اعترافها بسبقه لهيوجين في هذا الاختراع ، غير أن الجمعية لم تأزره ، فقد كان سكرتيرها في ذلك الوقت ،

ويدعى أولدنبرج ، رجلا متأمرأ أعطاه هيوچين حقوق التسجيل لهذا الاختراع فى إنجلترا . ولقد اعترف أولدنبرج ، عدو هوك ، بأن الأخير قد « صنع بعض الساعات من هذا النوع ، قبل ١٦٧٥ ، غير أنه ذكر أن هذه الساعات لم تعمل — وأنى له بمعرفة هل كانت تلك الساعات تعمل أم لا ١١

وفىما يلى تلخيص قدمه الحجة الإنجليزى أ . د . هول ، الذى درس موضوع اختراعات هوك لضبط الوقت دراسة محققة : « لا يسعنا إلا أن نعجب بروعة هوك عندما ينطلق متعمقا إلى قلب المصاعب : إن المحسوسة \* وميزان الضبط المستقل ، ومعوق الإفلات ، كلها بمثابة الكشوف الأولى الناجحة لضبط الوقت . وإن هوك صاحب الفضل فيها ، لقد كشفها وقدمها ، بشكل فج حقا ، ولكنه واضح ومبدع . ولو أن كشفه تضمنت وسيلة لتعويض الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة ، إذن لكان قد قدم لنا كافة المبادئ الأساسية فى ضبط الوقت ، . وكثيرا ما يقال إن الفضل يرجع إلى هوك فى اختراع مرسة الإفلات للساعات ذات البندول ، غير أن الأدلة التى تعضد هذا الرأى ليست كافية . والواقع أن ما فعله هوك بصدد هذه القصة ، قصة الساعة — قدرته

---

\* ( وهى أداة للاحتفاظ بتناسق حركة البندول — المترجم ) .

العميقة الشاملة على حل المشاكل الرئيسية ، وتسرع ، وجوانب  
النقص في تسجيلاته — يعتبر مثلاً لما يتصف به أغلب أعماله .

\*\*\*

وفي عام ١٦٦٢ ، عندما صار للجمعية الملكية ميثاقها الخاص ،  
قررت تعيين هوك وكيلها . كانت مهمته أن يقدم للجمعية في كل  
اجتماع لها ثلاث أو أربع تجارب هامة . وكانت الجمعية تجتمع  
مرة كل أسبوع ! ولقد تمكن هوك حقاً من تقديم عدد كبير من  
من التجارب المختلفة التي كان أغلبها من إبداعه . وظل هوك  
لا يقبض ملياً واحداً عن هذا العمل لمدة عامين كان عليه خلالها  
أن يدير شؤونه بوسيلة أو بأخرى . ومن المؤكد أنه كان مشغولاً  
بشكل قاس في ذلك الحين . وفي عام ١٦٦٥ أصدر كتابه العظيم  
« الصور الميكروسكوبية » . وهو يكفي ، في حد ذاته ، لوضع هوك  
بين رجال العلم البارزين . ويقول بيبس ، وهو ليس من رجال  
العلم ، ولكنه من رجال الفكر البارزين الذين يعتد برأيهم :  
لأنه ظل حتى الثانية صباحاً يطلع على هذا الكتاب المبدع الذي  
لم تقح عيناي على ما هو أروع منه . وكان لهذا الكتاب أثر هام  
في الدوائر العلمية سواء في إنجلترا أو في القارة ، وأكد أهمية  
هوك العلمية وعزز اسمه بين العلماء .

والواقع أن هذا الكتاب يضع هوك ضمن مؤسسى الدراسات الميكروسكوبية فى علم الحياة ، مع أنطون فان لوينهوك ومارشيلو واليجى ونهيا جرو . وصف هوك فى هذا الكتاب أول ميكروسكوب مركب يمكن استخدامه عمليا ، ويتركب من عدسة شبيثة نصف دائرية وعدسة عينية كبيرة مستوية من جانب ومحدبة من جانب آخر ، ولا يستخدم منها إلا المركز . ويمكن وضع عدسة ثالثة فى أعلى الأنبوبة الأسطوانية لاستخدامها كعدسة ميدان ، غير أن هوك لم يكن يستخدم هذه العدسة إلا إذا أراد أن يرى قطاعا كبيرا من الشيء مرة واحدة . وكان هوك يضبط الرؤية بواسطة مسار متحرك يرتبط بالعينية . ولقد ناقش هوك نقائص هذا الميكروسكوب بشكل عميق واقترح فيما بعد استخدام عدسة شبيثة منخمسة .

وتتضح روعة هذا الجهاز وعبقريته ومهارة هوك فى اللوحات التى رسم فيها حوالى ٦٠ شيئا ميكروسكوبيا . إن هذه اللوحات تكشف عن عدد من الكشوف الأساسية فى عالم الحياة ، فقد وصف ، مثلا ، العين المركبة للذبابة ، وشاهد أطوار نمو يرقة البعوض ، ووصف تركيب ريش الطيور بشكل ظال المرجع الرئيسى خلال مائتى عام . وتدعو رسومه عن القملة والعتة والإرغوث ( وهى مكبرة إلى طول حوالى ١٦ بوصة ) ، إلى العجب من حيث الدقة

والتفاصيل الواردة فيها . كما قدم ملاحظات مبدعة عن الفطريات  
ولبيرة النحلة وغيرها . وعندما وصف تركيب الفلين استخدم كلمة  
« الخلية » لأول مرة بالمعنى البيولوجى . ولم يوجه هوك  
ميكروسكوبه إلى الكائنات الحية فحسب ، بل وجهه أيضا  
إلى الجماد . كان أول من استخدمه لدراسة المعادن ، مثل طرف  
الدبوس وحافة الموسيقى والكرات الصغيرة من الصلب التى حصل  
عليها بضرب الصلب بحجر الصوان ، كما شاهد بلورات  
التليج الجميلة ورسمها .

\* \* \*

كان هوك إذن ، رائدا كبيرا فى ميدان الدراسات  
لميكروسكوبية ، مشهودا له بالأصالة سواء فى تصميم هذه الأجهزة  
وما يتصل بها من أجزاء ، أو فى استخدامها لرؤية الأشياء الصغيرة  
وتفسير ما رأى . غير أن كتابه « الصور الميكروسكوبية » لم يكن  
قاصرا على هذه الدراسات ، بالرغم من اسمه ، فقد جاءت به أعمال  
هامة فى كثير من فروع العلم . لقد وصف هوك فى هذا الكتاب  
أول جهاز لقياس الانكسار للسوائل ، وأول بارومتر دائرى ،  
وترموتر مقل وملىء بالكحول ، ومرطاب يقيس رطوبة الجو  
باستخدام ساق نبات الشوفان البرى التى تختلف درجة التواءها  
 باختلاف نسبة الرطوبة فى الجو . وكان هوك أول من اقترح



اتخاذ نقطة تجمد الماء كدرجة الصفر ، « الماء العادى المقطر الذى  
برد حتى بدأ فى التجمد والتنفذ » ، كما صنع نماذج لكافة أجهزة  
الأرصاد الجوية التى تستخدم الآن ، تقريبا ، مقياس سرعة  
الهواء ، جهاز قياس ذاتى للأمطار ، « وساعة جوية » تسجل بشكل  
آلى قياسات الأجهزة المختلفة بعلامات على أشرطة من الورق .  
ولقد شهد أعضاء الجمعية الملكية هذه الساعة وهى تعمل ، غير أنها  
كثيرا ما كان يصيبها العطل .

ولا شك أن هوك يعتبر واضع أسس علم الأرصاد الجوية ،  
إذ كان أول من أشار بوضوح إلى أن الانخفاض السريع فى الضغط  
الجوى ينبئ بقيام العواصف ، وكان أول من فسر دورة الغلاف  
الجوى حول القطب . وأول من فسر الأحوال الجوية على أساس  
قوى فيزيائية تحكم فيها الإشعاعات المنبعثة من الشمس وحركة  
دوران الأرض . وتمكن من وضع جدول لتسجيل الأرصاد  
الجوية بطريقة منتظمة .

ولا يتضمن كتاب « الصور الميكروسكوبية » نظريات هوك  
عن الأحوال الجوية ، غير أنه يتضمن كثيرا من الكشف الهامة  
الأخرى والاقتراحات النظرية ، التى لم يتبعها إلى نتائجها الطبيعية .  
لقد أثبت ، عن طريق عدد من التجارب الرائعة ، أن التمدد الحرارى

صفة من صفات كافة السوائل والأجسام الصلبة ، وقدم ، بوضوح ، النظرية الميكانيكية للحرارة قائلا إن الحرارة « ما هي إلا تهيج لجأني شديد لأجزاء من الجسم » . ولكي يعضد هذه الفكرة أوضح أن الاحتكاك الميكانيكي يؤدي إلى انبعاث الحرارة وأن الشرارات المتطايرة من الصلب عبارة عن جسيمات كروية من المعدن - الشيء الذي يثبت أنها في حالة انصهار . وبين أن الخشب المسخن في آنية مقفلة لا يحترق إذا كان بمعزل عن الهواء ، ووصل من ذلك إلى وضع النظرية القائلة بأن الأجسام القابلة للاحتراق إنما تحترق لأن الهواء يحتوي على مادة « ذائبة » فيه « تشابه المادة الموجودة في ملح بيتير ( نترات البوتاسيوم ) ولكنها ليست نفسها تماما » ( أى مادة الأكسجين ) ، وإن هذه المادة تستهلك في عملية الاحتراق بحيث يتطلب الأمر إمدادا مستمرا من الهواء ( ولقد أخذ الكيميائي الإنجليزي جون مايو هذه الفكرة دون أن يشير إلى هوك ) . وكذلك كانت ملاحظات هوك عن ظاهرة التنفس تعكس عمقا كبيرا في تفكيره . والواقع أن إدراكنا لعبقرية هوك تتطلب منا أن نقرأ آراء الآخرين في عصره عن هذه المواضيع .

وعندما فحص هوك بلورات الكوارتز في حجر الصوان قال بأن التركيب البلوري ظاهرة عامة لمختلف المواد وبالذات الأملاح والمعادن ، ثم استخدم بعد ذلك رصاصات كروية لعمل نماذج

للبلورات تبدو وكأنها نماذج حديثة . ومن المهم أن نشير إلى أنه ذكر أن الصخور الملحية « تتكون من كرات في وضع تكمبي ، ...

ولاحظ هوك ألوان الرقائق الرفيعة — مثل رقائق الميكا أو الهواء المحصور بين لوحين زجاجيين أو فقاعات الصابون — واستنتج بجرأة أن هذه الألوان ناجمة عن فعل الضوء المنعكس من سطح الرقيقة وظهرها . ووضع نظرية عن الضوء مؤداها أن الضوء ناجم عن ذبذبات سريعة جدا للجسم المضيء وأن الموجات الناتجة تحمل على ظهر الأثير الموجود في كل مكان . ولا شك أن جوانب كثيرة لنظريته الخاصة بالضوء والألوان غير واضحة ، غير أن تأملاته هذه تحوى كثيرا من الحقائق . إنه لم يكتب في هذه النظرية سوى بضع صفحات غير أن إسحاق نيوتن ، كما نعلم ، قرأ هذه الصفحات بدقة كبيرة .

وينتهي كتاب « الصور الميكروسكوبية » ببضع صفحات عن مواضيع فلكية ، وهو شيء غير منتظر في كتاب عن الصور الميكروسكوبية . لقد أشار هوك ، لأول مرة ، إلى التأثير الانكسارى للغلاف الجوى على الضوء الذى يصلنا من الأجرام السماوية . وكذلك ذكر تجربتين قام بهما لمعرفة كيف تتكون البراكين على القمر . أطلق في الأولى قذائف على مزيج من الطمي والماء ،

ولاحظ في الثانية كيف تنبعث الفقائيع من سطح الألباستر المصحون المندى عندما يقف غليانه . لقد حصل في الحالتين على حفر تماثل في شكلها البراكين الموجودة على سطح القمر . إن هاتين التجربتين توضحان بجلاء النظريتين المعترف بهما اليوم : هذه البراكين تتكون من سقوط بعض الشهب على سطح القمر أو من انطلاقات بركانية من داخله .

إن هذا الكتاب الرائع الذى كتبه شاب لم يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره ، يصور لنا عقلا تنطلق منه الأفكار الجديدة المذهلة في صحتها عن كل جوانب العلم كما تصور لنا ذهنا تجريبيًا رائعًا ، وعندما نشر هذا الكتاب كانت تجرى أحداث هامة سرًا في إنجلترا أو في حياة هوك . أدى انتشار الطاعون في عام ١٦٦٥ والحرائق الهائلة في عام ١٦٦٦ إلى تدمير جزء كبير من لندن والحياة فيها . " وسرعان ما تصدى هوك لمساعدة صديقه كرسطوفر رن في إعادة بناء المدينة . عين هوك ملاحظًا للمدينة ، ولعل هذه أول مرة يتخلص فيها من مشاكله المالية . وما إن مر أسبوع على انتهاء الحرائق حتى وضع هوك أمام الجمعية الملكية نموذجًا لإعادة بناء لندن على أساس مربع ، ولقد طبقت نيويورك مثل هذا النموذج فيما بعد . كان هوك ، بالإضافة إلى كل ما تقدم مهندسًا ماهرًا ، وصمم كثيرًا من مباني لندن المعروفة .

ولم يترقف نشاط هوك العلمى مطلقا ، ففي عام ١٦٧٤ نشر بحثاً عرض فيه محاولة منظمة لمشاهدة تزيح الضوء المنبعث من النجوم . ولكى يقيس المسافات الزاوية بين الأجرام السماوية صمم آلة ربع جديدة تعتبر أول آلة تلسكوبية تضبط بمسار محوى . وكان هذا الجهاز بمثابة تقدم هائل بالنسبة للأجهزة ذات الرؤية المباشرة التى صممها معاصره هفلياس من دانزج . ويجدر بنا أن نذكر أن هوك لم يصمم هذا الجهاز الجديد أو يحسنه فحسب ، بل كان مدركا تماما لمزاياه . لقد وجد بالقياسات أن قدرة العين التحليلية لا تتجاوز قوسا قدره دقيقة واحدة ، وأن التلسكوب يزيد كثيرا من هذه القدرة التحليلية .

كان هوك أبرز صانع للأجهزة فى عصره ، ولقد وصف ، فى نفس البحث ورسم تلسكوبا استوائيا يدار بساعة وبستخدم فى تتبع حركة النجوم . وتتميز أجهزة هوك الفلكية بوجود وصلة « هوك » ، أو الوصلة العامة التى تستخدم الآن . ويبدو أن هوك لم يصنع تلسكوبا يدار بالساعة ، ذلك أن أول تلسكوب من هذا النوع صنع فى فرنسا بعد هوك بسبعين عاما .

وعندما يريد المرء أن يكتب عن هوك لا يسعه إلا أن يكسده كروما من الكشوف ، ونحن لا يمكننا أن نقدم هنا قائمة بهذه

الكشوف ، غير أنه يجب علينا أن نذكر كلمة عن كتاب له ظهر عام ١٦٧٨ عرض فيه قانون هوك والاستنتاجات المستمدة منه . لقد بين أن ذبذبات جسم مرن ، حيث القوة التي تعمل على إعادته إلى وضعه الأول تتناسب مع زحزحة هذا الجسم ، تستغرق نفس الفترة مهما كانت درجة الذبذبة . ويعتبر هذا الكشف في غاية الأهمية . ومن هذه الدراسة للذبذبات توصل هوك إلى وضع نظرية عامة ، ولو أنها فجأة بالضرورة ، عن حركة المادة مؤكداً أن حركة جسيمات المادة تفسر لنا كثيراً من الظواهر .

وفي عام ١٦٧٧ مات أولدنبرج وعين هوك سكرتيراً للجمعية الملكية . ولم يلبث أن كتب إلى نيوتن يطلب منه أن يقدم للجمعية بحثاً من بحوثه . كان الجدل قد استمر بين العالمين من قبل بخصوص طبيعة الضوء ، وكان أولدنبرج يؤجج نار الخلاف ؛ غير أن خطاب هوك الآن كان ودياً . وتبدلت الرسائل بين العالمين ، ولكن العداء عاد بينهما من جديد . كان هوك قد نشر في عام ١٦٧٤ القواعد الثلاث التالية : أولاً ، إن كافة الأجرام السماوية لها جاذبية تتجه نحو مركزها . وثانياً ، إن كافة الأجسام تستمر في الحركة في خط مستقيم إلا إذا تعرضت لجذب قوة أو أخرى . وثالثاً ، إن قوة الجذب تتناقص مع ازدياد المسافة حسب قانون لم يعرفه هوك وقتئذ . وكان نيوتن قد توصل بنفسه إلى هذه النتائج

ولكنه لم ينشرها أو يتحدث عنها ، الشيء الذى يؤكد أن هوك  
توصل إليها مستقلا عن نيوتن . وفى عام ١٦٨٠ كتب هوك  
إلى نيوتن يسأله عن المدار الذى ستخذه الكواكب على أساس  
افتراض أن قوة الجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة . ولو أن  
هوك قد تمكن بنفسه من استخلاص النتائج الرياضية لقواعده  
هذه بخصوص مدارات الكواكب ، لحل المشكلة العظيمة . .  
مشكلة النظام الشمسى الذى يرجع إلى نيوتن فضل حلها . كم اقترب  
هوك من هذا الهدف بفضل حاسته العلمية العميقة !

وعندما علم هوك أن كتاب نيوتن « الأسس » ، الذى نشر  
بعد ذلك بست سنوات ، يحتوى على عرض للنظام الشمسى  
على أساس من القواعد التى وضعها ، دون إشارة له ، تضائق كثيرا .  
إنه لم يكن يطلب أكثر من مجرد الإشارة إلى أعماله فى هذا الصدد ،  
غير أن نيوتن ، وكان بدوره سريع التهيج ، رد على ملاحظة هوك  
بعدم ذكر اسمه لا فى كتاب « الأسس » ، ولا فى كتاب « الظواهر  
الضوئية » ، الذى نشره بعد وفاة هوك . إن هوك الذى كانت تنقصه  
الكياسة ولا ينقصه الكرم يستحق من المرء كل العطف .

وفى عام ١٦٨٢ ترك هوك سكرتارية الجمعية الملكية ، ولكنه  
ظل يقدم بحوثه إلى الجمعية فى مختلف المواضيع ، من طبيعة

الذاكرة ، إلى الشهب . وعندما توفيت ابنة عمه عام ١٦٨٧ ، وكانت تعيش معه لعدة سنوات ، كانت الصدمة قاسية عليه . وبعد بضع سنوات تدهورت حالته الصحية بشكل كبير ، ولكنه ظل متمسكا بأهداب الحياة حتى عام ١٧٠٣ . وعند وفاته أقيم له جناز محترم حضره كل أعضاء الجمعية الملكية الذين كانوا في لندن إذ ذاك . غير أنه لما يدعو إلى الأسف أن مكان قبر هذا الرجل التمس غير معروف .

\* \* \*

وما إن مر عامان على وفاة هوك حتى ظهر كتاب « أعمال روبرت هوك » ، في مجلد واحد يبلغ حوالى ٤٠٠,٠٠٠ كلمة . ولقد تم تحضير هذا الكتاب من مسوداته التى لم تنشر ، وأغلبها محاضرات . إن هذه الصفحات الرائعة التى يضمها هذا الكتاب تعطى هوك الحق فى أن يحتل مكانه بين رواد علم الجيولوجيا وعلم التطور إلى جانب الميادين الأخرى . لقد أدرك أن الحفريات إن هى إلا سجل للحياة القديمة على ظهر الأرض ، وأشار إلى أنه فى استطاعة المرء أن يزيّف العملة أو الميداليات أو الوثائق ، « ولكن خصائص هذه الحفريات لا يمكن أن يزيّفها أمر مزيف فى العالم ، ولا يمكن أن يشك فى مظهرها أى فاحص غير متحيز . وبالرغم



من أنه يصعب جداً قراءتها أو استخلاص التابع الزمني منها  
أو تحديد فترات الزمن التي شأهت هذه الكارثة أو تلك الظفرة ،  
إلا أن هذا ليس مستحيلاً . . . . . قارن بين هذه العبارات والقصر  
الخرافية التي كان يذكرها معاصروه عن هذه المواضيع ا

يستطيع المرء أن يملأ الصفحات التي يعدد فيها كشوف هوك  
التي يكفى واحد منها لتخليد اسمه ، والتي نسب الكثير منها إلى  
رجال جاءوا من بعده . ولنلق نظرة على اجتماع واحد من اجتماعات  
الجمعية المسكية . جاء فى محضر اجتماع ٢٧ يوليو عام ١٦٨١ ما يلى :  
« عرض مستر هوك اختراعه الجديد عن فتحة فى التلسكوبات الطويلة  
يمكن أن تفتح أو تقفل كإنسان العين ، تارككة نقبا مستديرا  
فى منتصف الزجاج بالحجم المطلوب . ولقد قدرت الجمعية هذا  
الاختراع . وعرض كذلك تجربة لإحداث الأصوات الموسيقية  
وغيرها من الأصوات باستخدام أسنان فى عجلات من النحاس  
بحيث تكون هذه الأسنان متساوية الحجم للأصوات الموسيقية  
ومختلفة للأصوات الأخرى ، . إننا نقابل فى هذه السطور  
الحجاب القزحى الذى يعتبر عادة من اختراعات القرن التاسع عشر ،  
ثم شكلا متقدما من الآلة الصوتية التي تعرف باسم عجلة سافارت ،  
نسبة إلى رجل فرنسى يرجع إليه الفضل فى اختراعها عام ١٨٢٠ .

وكذلك عرض هوك في نفس الاجتماع اختراعاً ثانياً هو  
المنظار الشمسى .

ولقد آثرت أن أتجنب التوبيخ المنظم لأعمال هوك ؛ لأن  
القصة الزمنية تذكر لنا بشكل أوضح وأصدق كيف كانت  
الاختراعات والكشوف والتنبؤات تنطلق الواحد بعد الآخر  
من ذهن ذلك الرجل العجيب . ولقد أصاب جزن وارد كبد الحقيقة  
عندما قال عام ١٧٤٠ : « لو أن هوك كان أكثر اتزاناً وعمد  
إلى استكمال كل كشف يصل إليه قبل أن ينتقل إلى كشف آخر ،  
لكان من المحتمل في بعض الحالات أن يؤدي خدمات أعظم ،  
ولاستطاع أن يتخلص من ذلك القلق المستمر الناجم عن خوفه  
من أن يحصل آخرون على فضل يستحقه هو ، مع أنهم يبنون  
على الأسس التي وضعها هو » .

\* \* \*

ولقد صنع هوك المريض المجهد في العمل الذي حسده  
الكثيرون وهاجهم من هم أقل منه شأنًا وخادعه البعض ، صنع  
نفسه كثيراً من الأعداء ، ولكنه مع ذلك اكتسب صداقة  
بعض الشخصيات البارزة في عصره مثل أستاذه بزي وجون إيفلين  
وتوماس سيدنهام وكريستوفر رن . وكان هوك يكن دائماً أشد

انواع الإعجاب بالعالمين رن وبويل . ومع أنه كان سريع الغضب إلا أنه كان شجاعاً ومعتداً بنفسه وعلى استعداد تام لتقدير كل معونة أو عطف ، وسريع العفو عن أى ضرر أصابه من جانب عظماء الرجال الذين يقدرهم حق قدرهم . ولقد تمنى ل . ث . مور ، وهو يؤرخ حياة نيوتن ، لو أن ذلك العالم الكبير استطاع « وهو فى أوج شهرته ومجده أن يعبر عن تقدير أكبر وعطف أشد ( لهوك ) ذلك العالم الذى كان يتمتع بروح قوية وذهن متقد سجينين فى جسد مريض » .

والواقع أن هوك كان متسرعاً لا صبر له مع الأغبياء ولا قدرة له على تحمل الاعوجاج ، وهى صفات قد يتبرم المرء بها إذا انصف بها شخص تافه ، ولكنها لا تنقص قدر الرجل العظيم . وصفه صديقه وناشر كتبه بالكلمات التالية : « كان هوك يتمتع بقدرة كبيرة على الحكم على خصائص الآخرين » ، وهى صفة لا تخلو من بعض المخاطر . وكانت تنقصه القدرة على الاقتراب من الناس برقة وكياسة وعلى تحليل دوافعهم وإخفاء رأيه فيهم ، وهى كلها صفات هامة لنجاح الإنسان فى هذا العالم ، ولعل أحد أخطائه الكبيرة أنه كان حساساً . ولا شك أننا نعتقد جميعاً أن هوك كان سيلاقى معاملة أفضل لو أنه وجد فى عصرنا الحاضر ... من يدرى !



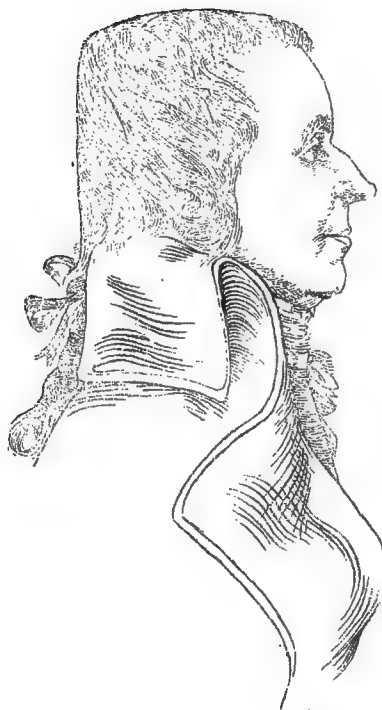
## لاپلاس

بمقام ، هيس . ر . نيومان

**كان** مؤرخو العلوم على حق عندما أطلقوا على الماركيز دي لاپلاس اسم نيوتن فرنسا . إنه استحق ذلك الاسم بفضل أعماله الضخمة في ميكانيكا الأجرام السماوية التي توج بها جهود ثلاثة أجيال من علماء الفلك الرياضيين ، ولأنه قدم للعالم قاعدة عامة يمكن تطبيقها في كافة ميادين علم الفيزياء . أما المؤرخون الذين اهتموا بتاريخ حياته فقد وجدوا فيه شخصا يدعو إلى الاهتمام أكثر منه رجل علم ، بالرغم من أن أثر شخصيته أقل من أثره كعالم . كان شخصا يجمع كثيرا من الصفات التي امتزجت بشكل غريب . كان طموحا دون أن تنقصه المودة ، وكان لامعا ولكن لا يتورع عن سرقة أفكار غيره بكل بساطة ، وكان مرنا بحيث يصبح جمهورياً أو ملكياً كما تدعو الأحوال في زمنه الكثير التقلب ، زمن الثورة الفرنسية .

ولد بيير سيمون دي لاپلاس في قرية بومونت - أن - أوج بمقاطعة نورماندى التي تطل على القناة الإنجليزية في الثالث والعشرين

من مارس عام ١٧٤٩ . أما الحقائق المتعلقة بحياته ، وخاصة الفترات الأولى منها ، فقليلة ومتباينة ، ذلك أن أغلب الوثائق الأصلية التي تتناول تاريخ حياته احترقت خلال الحريق الذي دمر قصر حفيده السكونت كولبرت لاپلاس عام ١٩٢٥ ، كما فقد جزء آخر خلال الحرب العالمية الثانية عند إلقاء القنابل على مدينة كان . ولقد انتشرت آراء كثيرة خاطئة حول حياة لاپلاس كالقول إن أباه كان فلاحا فقيرا ، وإن بعض جيرانه الأثرياء هم الذين تكفلوا بتعليمه ، وإنه حاول إخفاء « نشأته المتواضعة » بعد أن صار شهيرا . وتدل البحوث الحديثة التي قام بها عالم الرياضة السير إدمون ويتاكر أنه مهما كانت الأسباب التي دعت لاپلاس إلى تحفظه عند الحديث عن طفولته ، فإن فقر والديه ليس سببا منها ، فقد كان أبوه يملك ضيعة صغيرة ، وكان يعمل رئيسا في إحدى الأبراشيات ، وكانت أسرته من « بورجوازية الأرض الميسورة الحال » . كان أحد أعمامه جراحا والم الآخر قسيسا . ويقال إن هذا الم القسيس الذي كان يعمل مدرسا في الدير البندكتي في بومونت قد أثار في الصبي حب الرياضيات . ولقد اعتقد الناس لفترة من الزمن أن لاپلاس سيسير على نهج عمه ويصبح قسيسا ، غير أن الفتى أظهر كفاءاته الرياضية في جامعة كان التي دخلها وعمره لم يتجاوز السادسة عشرة . لقد كتب في هذا السن بحثا



عن علم التفاضل والتكامل للفروق المتناهية في الصغر ونشره في مجلة  
علمية كان يشرف عليها جوزيف لويس لاغرانج ، العالم الرياضى  
الكبير ، الذى كان يكبر لاپلاس بثلاثة عشر عاما والذى تعاون  
معه فيما بعد .

❖ ❖ ❖

وما إن بلغ لاپلاس الثامنة عشرة من عمره حتى شد الرحال إلى  
پاریس وهو يحمل خطابات توصية حارة إلى چين لوروند دلامبير  
أبرز عالم فرنسى فى الرياضيات . ولكن دلامبير تجاهل هذه  
التوصيات . ولم يمت ذلك فى عهد لاپلاس فأرسل إلى العالم الكبير  
رسالة تضم بحثا عن القواعد العامة للميكانيكا . وكان لهذا الرسالة  
أكبر الأثر على العالم الكبير الذى أرسل فى طلب الشاب المبكر النضج  
وقال له : «يا أيها السيد ، أنت ترى بأننى لا ألقى بالا إلى التوصيات .  
والواقع أنك لست فى حاجة إلى توصية . لقد عبرت عن كفاءتك  
وهذا يكفينى ، إننى سأقف إلى جانبك . » وسرعان ما كفل  
له دلامبير مركز أستاذ الرياضيات فى مدرسة پاریس العسكرية .  
وشق لاپلاس طريقه بسرعة ، وبشكل رائع . قدم إلى أكاديمية  
العلوم بحثا وراء بحث مستخدما قدرته الرياضية الهائلة فى حل  
المشكلات المتعلقة بنظرية دوران الكواكب . ولقد علق أحد علماء



الأكاديمية على ذلك بقوله : « إننا لم نر شابا يقدم في هذا الوقت  
القصير هذا العدد الكبير من البحوث المتعلقة بمشاكل صعبة ومتعددة  
الجوانب مثل لا پلاس » .

\*\*\*

وكانت إحدى المشكلات التي جرؤ لا پلاس على التعرض لها هي  
الرجوع ، في حركة الكواكب . كان معروفا منذ زمن طويل أن  
الكواكب لا تتحرك بشكل منتظم ، فقد أشار الفلكي الإنجليزي  
إدمون هالي ، مثلا ، إلى أن كوكبي المشتري وزحل يتأخر أحدهما  
عن الآخر ، خلال الأجيال ، ثم يعود فيسبقه وكأن بينهما نوعا  
من السباق يمتلئ فيه أماكن غير الأماكن المستظرة . كان استخدام  
نظرية نيوتن عن الجاذبية لتفسير سلوك الكواكب وتوابعها أمرا  
يتضمن كثيرا من المصاعب الخفيفة . وحتى اليوم لم يتوصل العلم  
إلى حل مشكلة سلوك ثلاثة أجسام تتجاذب فيما بينها حسب  
قانون التربيع العكسي . غير أن ذلك لم يمنع لا پلاس من معالجة  
موضوع أعقد ، وهو تجاذب كافة الكواكب فيما بينها وبين الشمس .  
كان نيوتن يخشى أن يؤدي هذا التسابق المقلق بين الكواكب  
بعد زمن أو آخر إلى فساد النظام الشمسي وإلى ضرورة تدخل  
القوة العاقلة لحفظ النظام فيها . ولكن لا پلاس رأى أن يبحث

عن الأمان في مكان آخر ؛ ففي بحث له ، وصف بأنه « أروع بحث قدم للجمعية العلمية » ، بين لابلاس أن هذا الرجوع في حركة الكواكب لا يتراكم ، ولكنه يحدث بصفة دورية ، ثم عكف بعد ذلك على وضع قاعدة عامة تتعلق بهذه الذبذبات وذلك الميل في مدار الكواكب . وكان لهذا البحث أثره على مصير النظام الشمسي بأكمله ، فإدام قد أوضح أن هذا الفساد في الآلة يعود فيصحيح نفسه تدريجياً — مثل عملية الشفاء الذاتي في المجال الفسيولوجي التي سماها والتركانون « اتزان الجسم » — فإنه يكون بذلك قد أمّن بشكل معقول مستقبل الآلة الكونية ومستقبل الزائر العرضي لها ، وهو الإنسان . أما إذا كانت هذه الذبذبات تتراكم وكل ذبذبة تمهد السبيل إلى أخرى أقوى منها ، فلا يحصى من حدوث كارثة بعد وقت أو آخر . لقد قدم لابلاس حلاً نظرياً يبدو أنه يتفق مع المشاهدات ، كما أوضح أن كارثة ما لن تصيب النظام الشمسي وأن هذه التغيرات التي تحدث فيه « تكرر نفسها في فترات منتظمة ولا تتعدى قدراً معتدلاً » . أما الفترات ذاتها فطويلة جداً ، وأما الذبذبات فكأنها ذبذبات « بندول الخلود الضخم الذي يعد العصور كما يعد بندولنا الثواني والدقائق » .

إن نظريات لابلاس كانت بمثابة درع الأمان لحسن سير آلة الكون النجومية ؛ أما التخطيط وعدم النظام المشاهد فهو شيء

ثانوى يصح تلقائيا بحيث لا يهدد دوران الآلة ككل . والواقع أن لا پلاس اعتبر هذه الحركات الشاذة كنعمة لعالم الفلك ، إذ جاء بكتابه « حركة الأجرام السماوية » : « إن الحركة غير المنتظمة لهذين الكوكبين كانت تبدو أول الأمر ولا تفسير لها من وجهة نظر قانون الجاذبية العام ، أما الآن فإن هذه الحركة ذاتها تعتبر أحد الأدلة الرائعة على سلامته . هذه صورة مميزة للنظام الحق للطبيعة ، إن كل صعوبة تبرز أمام هذا الكشف الرائع تعود فتصبح دعامة من الدعامات القوية التى تبرهن عليه » .

غير أن هناك نقطتين يجدر بنا أن نذكرهما فى هذا المجال : أما النقطة الأولى فهى أن الحل الذى توصل إليه لا پلاس لم يثبت بشكل كامل ثبات النظام الشمسى . إن هذا الحل ينطبق على نظام شمسى مائى لا يلعب فيه الاحتكاك المدى أو أية قوى أخرى دورا ما . ونحن نعرف الآن ، ما كانوا يجهلون وقت لا پلاس ، أن الأرض جسم غير صلد وعرضة لتغيير شكله نتيجة للاحتكاك المدى الذى يعمل بمثابة فرملة تعوق حركة الأرض . ولا جدال فى أن هذا الأثر طفيف غير أنه يعمل دائماً فى نفس الاتجاه . والنتيجة أننا لا نستطيع القول ، مثل لا پلاس ، إن الطبيعة قد نظمت العمل فى الآلة النجومية بحيث تظل إلى الأبد على نفس الأسس

التي تسود بروعة على الأرض والتي تؤدي إلى حفظ الأفراد  
وإلى استمرار النوع .

وأما النقطة الثانية فتعلق بإخفاء لاپلاس ما يدين به للعالم  
لأجرائه : إن كل ما حققه لاپلاس ، تقريباً ، في ميدان علم الفلك  
الفزيائي يرجع جزء من الفضل فيه إلى كشفه لأجرائه الرياضية  
العميقة . ومن الصعب في كثير من الأحيان الفصل بين ما أسهم  
به كل منهما . كان لأجرائه رياضياً كبيراً ، وكان لاپلاس ، الذي  
يرى في الرياضيات وسيلة للوصول إلى أهدافه ، عالماً في ميدان  
الفلك والفيزياء الرياضية . وبينما عاتب الكثيرون لاپلاس بشكل  
عنيف على إهماله الإشارة إلى ما أسهم به لأجرائه ، إلا أن لأجرائه  
نفسه بروحه الملائكية لم يفعل ذلك ، وظل العالمان على علاقة  
طيبة بشكل مستمر .

ظهر كتاب لاپلاس « حركة الأجرام السماوية » في خمسة  
أجزاء كبيرة بين عامي ١٧٩٩ ، ١٨٢٥ . ويصف لاپلاس المواضيع  
التي عالجها الكتاب بالكلمات التالية :

« قدمنا في الجزء الأول من هذا الكتاب القواعد العامة  
لحركة الأجسام وتوازنها . ولقد أدى بنا تطبيق هذه القواعد  
على حركة الأجرام السماوية ، دون ما حاجة إلى اللجوء إلى التدليل

الرياضي ، وبدون أية نظريات افتراضية ، إلى الوصول إلى قانون التجاذب العام ، وأثر الجاذبية وحركة القذائف ، فهذه كلها حالات خاصة من القانون . وتناولنا بعد ذلك نظاما من الأجسام يخضع لهذا القانون الطبيعي العظيم ، وتوصلنا عن طريق تحليل هذا النظام ، إلى التعبير بشكل عام عن حركة هذه الأجسام ، وشكلها ، وذبذبة السوائل التي تغطيها . ومن ذلك التعبير استنتجنا كافة الظواهر المعروفة من المد والجزر ، وتباين درجات وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وتقدم الاعتدالين ، وتحرير القمر ، وشكل دوران حلقات زحل . كما أشرنا للسبب الذي يجعل هذه الحلقات تظل دائما في مستوى خط الاستواء بزحل . وإلى جانب ذلك استنتجنا من نفس نظرية الجاذبية ، المعادلات الأساسية لحركة الكواكب ، وبالذات كوكبي المشتري وزحل اللذين تبلغ فترة عدم التساوي بينهما أكثر من ٩٠٠ عام .

\* \* \*

ويعتبر الرياضيون أن هذا الكتاب جدير بالتنفيذ . كما يقال إن عالم الرياضة الأيرلندي وليم رومان هاملتون قد بدأ حياته كعالم رياضي باكتشاف خطأ ورد في هذا الكتاب . واستخلص منه العالم الرياضي الإنجليزي جورج جرين نظرية رياضية للكهربائية .

ولعل أعظم ما أسهم به لاپلاس في هذا الكتاب هو معادلته الشهيرة :

$$\frac{U}{U_{\text{ع}}^2} + \frac{U}{U_{\text{ص}}^2} + \frac{U}{U_{\text{س}}^2} = \text{صفر}$$

وهذا التعبير إنما هو معادلة مجال يمكن أن تستخدم لوصف ما يحدث عند لحظة معينة في كل نقطة من نقط مجال ناجم من وجود كتلة جاذبة ، أو شحنة كهربية ، أو سريان سائل أو ما إلى ذلك . وبكلمات أخرى ، إن هذه المعادلة تعالج قيمة كمية فيزيائية ، هي الجهد ، خلال متصل كامل . وأما معامل الجهد  $U$  الذي وضع أول الأمر كجهد كمية رياضية ، فقد اكتسب فيما بعد معنى فيزيائياً . والفرق بين قيم معامل الجهد عند نقطتين مختلفتين في المجال يقيس كمية الشغل المطلوبة لتحريك وحدة من وحدات المادة من إحدى هذه النقط إلى الأخرى ، كما يقيس معدل تغير الجهد في أى اتجاه ، والقوة التي تعمل في ذلك الاتجاه .

وإذا أعطينا  $U$  معاني مختلفة ( مثل درجة الحرارة ، أو سرعة الجهد أو غير ذلك ) ، فإن المعادلة تجد لها مجالاً واسعاً في التطبيق سواء في نظريات الكهرباء الإستاتيكية أو الجاذبية أو الديناميكية المائية أو المغناطيسية أو الضوء أو الصوت أو توصيل الحرارة . ففي ميدان الديناميكية المائية حيث  $U$  هي سرعة الجهد ( مربع المسافة

مقسوم على الزمن ) ، فإن معدل تغير الجهد يعتبر مقياسا لسرعة السائل . وتنطبق المعادلة على السوائل غير القابلة للانضغاط أو الفناء ؛ فإذا خرجت كمية من السائل من حجم صغير تعادل الكمية التي تدخل في هذا الحجم ، فإن دالة الجهد تساير معادلة لابلاس . والتفسير المبسط لكون هذه المعادلة تلعب دورها لحل كافة المشاكل الفيزيائية ، تقريباً ، هو أنها تصف الاقتصاد الذي يميز أنواع السلوك الطبيعية — « ميل عام نحو التجانس بحيث تتجه كافة الفوارق المحلية إلى التلاشي » . فإذا سخنا ، مثلاً ، قضيباً معدنياً عند أحد طرفيه ، فإن درجة الحرارة ستتجه إلى أن تصبح متجانسة في القضيب بأكمله ، وإذا وضعنا مادة مذبذبة في سائل فإن هذه المادة ستعمل على أن تنتشر بشكل متجانس في هذا السائل .

\* \* \*

ويتضمن كتاب « حركة الأجرام السماوية » من الصعوبة ما يتناسب مع حجمه الكبير . إن لابلاس لم يكن متساهلاً مع القارئ ، كان يقفز ثغرات كبيرة باستخدام هذه العبارة المزعجة : « من السهل أن نرى ، . و يتعلق عالم الرياضة والفلك الأمريكي نانانيل بوديتش ، الذي ترجم أربعة أجزاء من الكتاب إلى اللغة الإنجليزية ، يعلق على ذلك قائلاً : إنه ما إن يقابل هذه العبارة

«من السهل أن نرى» ، حتى «أشعر بيقين أن أمامي ساعات من العمل المضي حتى أساير لايلاس في تدليله» بل إن لايلاس ذاته عندما يرغب في عرض بعض أدليلاته الرياضية يعترف بأنه ليس «من السهل أن يرى» كيف يمكن الوصول إلى نتائجها . ولا شك أن هذا الأسلوب ينقصه التواضع ، بل وينقصه بعض الشرف ، ذلك أن أنيس ماري كلارك مؤرخة الفلك الشهيرة تقول «إن نظريات ومعادلات بأكملها ينتزعها لايلاس من أصحابها دون أن يشير إليهم أية إشارة» وينسب إلى نفسه تاج الجهود التي استغرقت قرناً من العمل العصور المضي . وكذلك يشير إريك تمبل بل المتخصص في الكتابة عن حياة العلماء أن لايلاس لم يكن يتورع عن «السرقة من اليمين ومن اليسار» بجرأة تامة ، إنه يضع يديه بكل بساطة على كل ما يستطيع استخدامه من أعمال معاصريه ومن سبقوه .

وفي عام ١٧٩٦ كتب لايلاس «عرض لنظام العالم» ، كتبه مبسطاً في ميسور القارىء الذى لم يتمكن من متابعة كتاب «حركة الأجرام السماوية» . والواقع أن هذا الكتاب المبسط يعتبر من أروع الكتب الشعبية التي ظهرت عن الفلك . في هذا الكتاب الرائع عرض لايلاس نظريته السديمية الشهيرة ( التي سبقه إليها إيمانويل كانت عام ١٧٥٥ ) . والفكرة الأساسية في هذه النظرية



أن النظام الشمسي تطور من كتلة دوارة من الغاز تكثفت فتكونت الشمس ثم انطلقت منها بعد ذلك سلسلة من الحلقات الغازية صارت الكواكب . وبينما هذه الكواكب في حالتها الغازية انطلقت منها حلقات صارت التوابع . ومنذ أن عرض كانت ولاهلاس هذه النظرية وأسهمها ترتفع تارة وتنخفض تارة أخرى . وتؤكد نظرية لاهلاس استحالة حركة أى عضو في المجموعة الشمسية في اتجاه عكسى . غير أن السير ولیم هيرشل وجد ، قبل وفاة لاهلاس ، أن توابع يورانوس تسير فعلا في اتجاه عكسى ، ثم كشفت من بعد ذلك توابع أخرى تسلك نفس السلوك . ولكن ذلك لا يمنع القول بأن هذه النظرية كانت خطوة فكرية هامة ، حتى أن الشيء الكثير من تدليلها الأساسى ما زال يجد صدق عند بعض علماء الكون الذين يسلمون بصحته فيما يتعلق بالتجمعات الفلكية الأكبر من المجموعة الشمسية .

وهناك موضوع آخر اهتم به لاهلاس كعالم رياضى وبسيط للعلوم ، ذلك هو نظرية الاحتمالات . إن بحثه الشامل « نظرية تحليلية للاحتتمالات » يتضمن وصفا لحساب تحليلى مفيد يضى درجة ما من المنطق على النظريات الخاصة بالأحداث الصدفية . وكان إطار هذا الحساب هو علم التوافق والتبادل الذى يمكن أن يسمى رياضيات الاحتمالات .

ويرى لاهلاس أن نظرية الاحتمالات إن هي في الواقع  
إلا تدليل مقبول مصاغ في قالب الحسابات . غير أن بحثه كان  
يتضمن صعوبة في الحساب لعلها تفوق الصعوبة في حركة  
الكواكب . إن أوغسطس دى مورجان عالم الرياضة الكبير  
يصف هذا البحث بأنه « أصعب بحث رياضي قابلناه » . إنه يفوق  
في صعوبته البحوث المتضمنة في كتاب « حركة الأجرام السماوية ».

ولعل ما أسهم به لاهلاس في مجال الاحتمالات يفوق ما أسهم  
به أى باحث آخر بمفرده ، غير أن لاهلاس في كتابه « نظرية  
تحليلية » لم يشر أيضاً إلى جهود أى عالم آخر من علماء الرياضة  
الذين استفاد منهم للوصول إلى نتائجه . وفي هذا الصدد يقول  
دى مورجان : « إن لاهلاس كان يقدم من ذاته أفكاراً أصيلة  
بالقدر الذى يجعل القارىء يتعجب من ذلك الرجل الذى يستطيع  
أن يصوغ آراء غيره بهذه البراعة ولا يتورع عن أن يسلك «بيلا  
فيه خطر كبير على مركزه » .

وفي بحث آخر عنوانه « بحث فلسفى عن الاحتمالات » ، يعرض  
فيه لاهلاس مقدمة غير فنية لقوانين الصدقة ، كتب الفقرة التالية  
التي تعتبر أسلم تعبير عن التفسير الحتمى للكون ، كما تعتبر رمزاً  
لذلك العصر السعيد المليء بالثقة الذى يفترض أنه من الميسور

وصف الماضى واكتناه المستقبل إذا عرفت لقطة واحدة  
من لقطات الحاضر .

« إن علينا أن نعتبر الحالة الحاضرة للكون كالأثر الناجم  
من حالته السابقة والسبب الذى تترتب عليه حالته المستقبلية . وإذا  
كان لدينا ، للحظة واحدة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا  
من الإحاطة بكل القوى التى تملأ الحياة انتعاشاً والأوضاع المقلبة  
لكافة الكائنات التى تتكون منها الطبيعة ، ذلك القدر من الذكاء  
الذى يمكننا من تحليل كافة هذه الحقائق ، فإنه سيكون فى ميسورنا  
أن نضع معادلة واحدة تتضمن حركة أكبر الأجسام فى الكون  
وأخفها ، وعندئذ سيزول الشك وينبجح المستقبل والماضى أمام  
أعيننا . وإن ذهن الإنسان ، الذى وصل بعلم الفلك إلى الكمال ،  
يعكس قدراً ضئيلاً من هذا الذكاء ، ذلك أن الكشوف التى توصل  
إليها الإنسان فى علمى الميكانيكا والهندسة ، إلى جانب الجاذبية  
العامة ، قد مكنته من أن يحيط بماضى نظام العالم ومستقبله فى تعبير  
تحليلى واحد . وعندما استخدم نفس الأسلوب فى موضوع آخر  
من مواضيع معارفه نجح فى أن يرجع الظواهر المشاهدة إلى قوانين  
عامة وفى أن يتنبأ بالظواهر الأخرى التى تنجم عن ظروف بذاتها .  
وكافة هذه الجهود فى البحث عن الطبيعة تقرب ذهن الإنسان  
من ذلك القدر الكبير من الذكاء الذى تحدثنا عنه ، ذلك القدر الذى

سيظل دائماً بعيداً عن متناول الإنسان . هذا الاتجاه الذي يميز الإنسان هو الذي يجعله أرقى من الحيوانات ، والتقدم في هذا المجال هو الذي يميز الشعوب والعصور ويمثل مجدها الحقيقي .

\* \* \*

ولقد اشترك لاپلاس مع الكيميائي الكبير أنطوان لافوازييه في القيام بتجارب تهدف إلى تحديد الحرارة النوعية لعدد من المواد ، وصمما جهازاً يسمى المسعر الثلجي ، يقيس الحرارة من معرفة كمية الثلج التي تذوب ، وهي طريقة استخدمها من قبل الكيميائي الاسكتلندي جوزيف بلاك والألماني جوهان كارل ويلك .

وبينما ازدهر لاپلاس من الناحيتين السياسية والمالية ، مات لافوازييه على حد المقصلة . عين لاپلاس عام ١٧٨٤ « ممتحناً في مدرسة المدفعية الملكية » ، وهو مركز مريح أتاح له أن يمتحن طالباً يبدو عليه الذكاء ، لا يتجاوز السادسة عشرة من عمره ، اسمه نايليون پوناپارت . وظلت هذه العلاقة مزدهرة فترة عشرين عاماً أصاب لاپلاس فيها كثيراً من النعم . وكان لاپلاس يدرس الرياضيات ، مع لاجرانج ، في « معهد المعلمين » ، وصار عضواً ثم رئيساً لمكتب الأطوال ، وعاون في إدخال النظام العشري واقترح استخدام تقويم جديد قائم على بعض الحسابات الفلكية ،

مسائرا في ذلك روح الإصلاح التي صاحبت الثورة .

وهناك ما يدعو إلى الاعتقاد أن ظلالات من الشك أحاطت  
بلايلاس خلال فترة قصيرة في أثناء الثورة ، وأعني من لجنة  
الموازن والمقاييس . غير أن لا يلاس تمكن من الاحتفاظ برأسه ،  
بل وكسب أمجاداً جديدة . كان يتمتع بالقدرة على ركوب الأمواج  
المتلاطمة في العصر الذي كان يحيا فيه ؛ ففي ظل الجمهورية كان جمهورياً  
عنيفاً يعلن عن « بغضه الذي لا يخدم الملكية » ، وما إن استولى  
ناپليون على السلطة في التاسع من نوفمبر عام ١٧٩٩ حتى ألقى لا يلاس  
من على كاهليه ثوب الجمهورية وصار من أكثر أنصار الحاكم حماسة ،  
وساعده في التحضير للحملة على مصر . ولم يلبث ناپليون أن كافأ  
لا يلاس بأن أسند إليه وزارة الداخلية . وفي نفس الليلة التي عين  
فيها وزيراً أمر بصرف معاش قدره ألفان من الفرنكات .  
لأرملة العلامة المعروف جين بيلي الذي أعدم خلال فترة  
الإرهاب . وفي صبيحة اليوم التالي حملت مدام لا يلاس معاش  
سته أشهر إلى أسرة هذا « الضحية من ضحايا العصر » . كانت هذه  
« بداية نبيلة » ، كما يقول فرانسوا أرجو الذي كان أحد مريدي  
لا يلاس ، غير أنه من الصعب أن نجد عملاً نبيلاً آخر قام به لا يلاس  
خلال عمله كوزير ، ذلك المنصب الذي ظل يحتله لفترة ستة أسابيع

خسب . وعندما كتب نابليون مذكراته في جزيرة سانت هيلينا  
علق على كفاءة لاهلاس قائلاً : « كان لاهلاس رجلاً إدارياً ضعيفاً  
يبحث عن الرقة في كل مكان ويمزج شئون الحكومة بالأشياء  
المتناهية في الصغر » . غير أن نابليون أراد أن يطيب خاطره  
بعد إخراجه من الوزارة فجعل منه عضواً في مجلس الشيوخ ،  
ثم رئيساً للمجلس عام ١٨٠٣ .

كم وجد المؤرخون المتعة وهم يصفون مهارة لاهلاس في الجرى  
مع الأرانب والصيد مع الكلاب . ولعل مقدمات الطبقات المختلفة  
لكتبه أبلغ دليل على ذلك . لقد أهدى الطبعة الأولى من كتابه  
« نظام العالم » عام ١٧٩٦ إلى مجلس الخمسمائة . وفي عام ١٨٠٢  
أهدى الجزء الثالث من كتابه « حركة الأجرام السماوية » بكلمات  
ملؤها التقديس إلى نابليون الذي حل مجلس الخمسمائة . وفي عام  
١٨١٢ أهدى لاهلاس الطبعة الجديدة من كتابه « نظرية تحليلية  
في الاحتمالات » إلى « نابليون العظيم » . وفي الطبعة التي أصدرها  
عام ١٨١٤ ألقى لاهلاس هذا الإهداء وكتب بدلا منه : « إن حساب  
الصدف كان يمكننا من أن نتنبأ، بدرجة كبيرة من الاحتمال ، بسقوط  
الاباطرة الذين يحلمون بالسيطرة على العالم » . لقد جعل نابليون  
من لاهلاس كوثنا ، وفي ١٨١٤ مكنه هذا اللقب من أن يشترك  
في إصدار القانون الذي يقضى بنفى ذلك الرجل الذي جعل منه

كونتا . وعندما عادت أسرة البوربون كان لا هلاس أول من تمرغ  
عند أقدامها ، وكانت مكافأته أن صار ماركيزا .

\* \* \*

لم يكن لا هلاس رجلا شريرا أو خبيثا . كان يمد يد المساعدة  
إلى كثير من العلماء الشبان . وفي مسقط رأسه في أركوى كان يحيط  
نفسه بعدد من الشبان الذين يسرون على نهجه الفكرى مثل أراجو  
العالم فى الفلك والفيزياء وعالم الفيزياء جين بيو المعروف ببحوثه  
عن استقطاب الضوء ، والبارون ألكسندر ثون همبولدت الرحالة  
الألمانى وعالم الحياة الشهير ، وجوزيف جاى لوساك عالم الكيمياء  
والطبيعة الكبير وسيمون بواسون عالم الرياضة اللامع . ويحكى  
بيو أنه جاء إلى لا هلاس فى أحد الأيام وقرأ عليه بحثاً عن نظرية  
المعادلات ، وبعد أن استمع لا هلاس إلى البحث أخذ بيو وأخرج  
له « أوراقا صفراء قديمة توصل فيها إلى نفس النتائج وطلب منه أن  
يحفظ الأمر سرا بينهما » . وهكذا ، بعد أن أراضى لا هلاس ذاته  
طلب إلى العالم الشاب أن ينشر بحثه ولا يذكر شيئا عن النتائج  
التي توصل إليها من قبله .

ومهما كان الإعجاب العام بعقريه لا هلاس العلمية ، فإنه لم يقلل  
من عدم الثقة التى يشعر بها الجميع إزاءه نتيجة لسرعة تلونه السياسى .

ولعل أخف معاصريه وطأة عليه كان يصفه « بالمرودة » . وكان الجميع يقارنونه بقسيس براى الذى كان بدوره سريع اللون . كان من أتباع البابا مرتين ، وكان بروتستنتيا مرتين ، ودافع عن نفسه قائلا : « إذا كنت قد غيرت ديانتي فإني ظلت وفيا لمبدئي وهو أن أحيأ وأموت قسيسا لبراى » . وكان فى وسع لاهلاس أن يدافع عن نفسه بكلمات مماثلة .

أما عن حياة أسرته وعاداته الشخصية فنحن لا نعرف عنها إلا القليل . يبدو أن زواج لاهلاس بشارلوت دى كورتى دى رومانج ، الذى تم فى عام ١٧٨٨ ، كان زواجا موفقا . رزق لاهلاس بابنة وابن يدعى إميل ترقى فى سلك الجيش حتى بلغ مرتبة الجنرال فى المدفعية . كان لاهلاس فى سنيه الأخيرة يعضى كثيرا من وقته فى أركوى حيث يمتلك منزلا إلى جوار منزل عالم الكيمياء الكونت دى برثيلو . وهناك فى مكتبه ، حيث تطل صورة راسين المؤلف الحبيب إلى قلبه فى وجه صورة نيوتن ، كان لاهلاس يراصل دراساته « بهمة لا تعرف الكلل » ، وكان يقابل « زواره البارزين الوافدين من كافة أنحاء العالم » . ومات لاهلاس فى الخامس من مارس عام ١٨٢٧ قبل أن يحتفل بعيد ميلاده الثامن والسبعين بعدة أيام . ولما كان مطلوباً من الرجال البارزين أن ينطقوا كلمات



خالدة قبل انتقالهم إلى العالم الآخر ، فقد قيل إن لاهلاس أنهى حياته بهذه العبارة : « إن ما نعرفه قليل وما نجهله كثير » . غير أن دى مورجان الذى لاحظ أن هذه العبارة تكاد تماثل ما قاله نيوتن عن الحصى وشاطئ "بحر المعرفة" أعلن أن كلمات لاهلاس الأخيرة ، كما عرفها من مصادر الثقة ، كانت : « إن الإنسان يسير وراء الأشباح » .





القسم الثاني  
النظام الجديد للعالم



## ١ - وليام رومان هاملتون

### ٢ - ج . ف . فيثزجيرالد

#### بقلم السير إدmond ويتاكر

ظل السير إدمون ويتاكر نشطا ومنتجا كعالم وباحث حتى مات عام ١٩٥٦ وقد بلغ الثالثة والثمانين من عمره . لأنه لم يكن عالماً رياضياً بارزاً خصب ، بل ظل طوال حياته العلمية الطويلة عاكفاً بمجموعة رائعة من العلماء . درس الرياضيات في كمبردج تحت إشراف آرثر كابلاي والسير جورج ستوكس ، وعندما كان زميلاً في كلية ترينيتي عمل مع أ . ن . هوايتد وبرتراند رسل والسير ج . ج . تومسون واللورد رذرفورد ، وعندما كان موظفاً شاباً في الجمعية البريطانية لتطوير العلوم تعرف على عالم الفيزياء النظرية البارز فرانسيس فيثزجيرالد ، وكان من بين تلامذته خلال السنين الطويلة ج . ه . هاردي والسير جيمس چينز والسير آرثر إدنجتون و . و . تورنبول والسير جيوفري تيلور . وفي عام ١٩٠٦ عين ويتاكر الفلكي الملكي لأيرلندا ، واحتل كرسى الفلك في جامعة دبلن الذي كان يحتله وليام رومان هاملتون . وكان أبرز تلاميذه هناك ايمون دي فاليرا الذي كان بارزاً

فى الرياضيات . وعندما ترك ويتاكر أيرلندا ليحتل كرسي  
الرياضيات فى جامعة أدنبره كتب اليه دى قاليرا قائلاً  
ان احدى أمانيه السكيرة أن ينقل كتابى ويتاكر « التحليل  
الحديث » و « الديناميكا التحليلية » الى اللغة السكتية .  
والى جانب نشاط ويتاكر فى الرياضيات والفيزياء كان  
يعمل فى ميادين الفلسفة والدين . كان كاثوليكيًا وأولى اهتمامًا  
كبيرًا الى العلاقة بين العلم واللاهوت .



## وليام رومان هاملتون

بمقام السير إدوين ويتاكر

**لعل** أعظم عالم في الرياضيات جاء بعد نيوتن بين الشعوب الناطقة  
بالإنجليزية هو وليام رومان هاملتون الذي ولد عام ١٨٠٥  
ومات عام ١٨٦٥ . ولقد عانت شهرته تقلبات غريبة ، فبينما كان  
خلال حياته رجلا شهيرا دون أن يفهمه الناس ، خفت شهرته  
بعد موته وصار معتبرا من علماء الصف الثاني ، وفي القرن العشرين  
بعث شهرته من جديد وعاد محلا للاهتمام والتقدير .

أما عن أسلاف هذا العالم فليس لدينا الكثير . كان أبوه  
محاميا في مدينة دبلن ، وكان هو الذي دافع عن الوطني الأيرلندي  
الطريد أرشيبالد هاملتون رومان وتمكن من إلغاء الحكم الذي  
صدر ضده . وعن رومان الذي كان حاضرا حفل ترميد وليام  
الطفل أخذ الطفل اسمه الثاني . ولم يكن أبواه هما اللذين تكفلا  
بتربيته ، فعندما بلغ حوالى العام من عمره أو كلا تربيته لعمه جيمس  
أحد رجال الكنيسة في تريم ، وهي بلدة صغيرة تقع شمال دبلن وعلى  
مبعدة ثلاثين ميلا منها . في هذه البلدة عاش وليام الصغير حتى بلغ

العمر الذى يؤهله لدخول الجامعة ، غير أنه كان يزور دبلن بين الفينة والفينة .

وما إن بلغ وليام الثالثة من عمره حتى كان بوسعه أن يقرأ الإنجليزية بسهولة ، وفى الخامسة كان يستطيع أن يقرأ ويترجم اللاتينية والإغريقية والعبرية ، وفى الثامنة أضاف إلى هذه اللغات الثلاث الإيطالية والفرنسية ، وقبل أن يبلغ العاشرة كان يدرس العربية والسانسكريتية . وعندما بلغ الرابعة عشرة كتب خطابا بالفارسية إلى سفير فارس الذى كان فى زيارة إلى مدينة دبلن . ونحن لانعلم هل يرجع الفضل فى ذلك إلى أسلوب عمه فى التريية أو إلى مواهب خاصة كان يتمتع بها .

وكان الفنى الصغير يحب الكلاسيكيات والشعر ، غير أن مركز اهتمامه ومجرى حياته تغيرا تماما وهو فى الخامسة عشرة من عمره عندما قابل شخصا يدعى زيرا كولين ، وهو شاب أمريكي جاء دبلن ليعرض مقدرته الخارقة فى الحساب السريع جدا . كتب هاملتون فيما بعد يقول : « لفترة طويلة بعد ذلك كنت أجد متعة فى القيام بحسابات طويلة فى ذهن مستخرجا الجذور التربيعية والتكعيبية وكل مايتعلق بخواص الأعداد » . وقرر وليام أن يمضى حياته فى دراسة الرياضيات . وقال فى هذا الصدد : « ليس ثمة مايرقى العقل أو يرفع





الإنسان فوق زملائه من البشر أكثر من البحوث العلمية . من ذا الذى لايفضل شهرة أرشميدس على شهرة القائد مارسيلاس الذى انتصر عليه ؟ ... لقد تضافرت العقول الكبيرة فى كافة العصور لبناء معبد العلم الرائع الفخم ؛ ونقش أسمائهم الخالدة عليه ؛ غير أن هذا الهيكل لم يكتمل ومازال بوسع المرء أن يضيف عمودا هنا أو حلية هناك . وأنا لم أكد أصل إلى قاعدة ذلك الهيكل ، غير أنى أتمنى أن أصل يوما إلى قته .

ولانلبث أن نقابل فى مذكراته اليومية عبارات مثل « قرأت كتاب الحياة الذى وضعه نيوتن ، و « بدأت فى قراءة الأسس لنيوتن » . وعندما بلغ السادسة عشرة تعرف على كتاب « حركة الأجرام السماوية ، للاپلاس . ( جاء فى مذكراته فى ذلك الوقت : « ظللنا نستيقظ ، أنا وعمى ، لعدة أيام قبل الخامسة صباحا . ماإن تحين الخامسة حتى يجذب عمى خيطا لديه يخترق الحائط وأربطه فى قيصى قبل أن أنام » ) . وفى عام ١٨٢٣ التحق هاملتون بكلية تربتقى بدبلن بعد أن سبقته الإشاعات الخاصة بقواه الذهنية الغريبة ناعته إياه « هاملتون الأعجوبة » . وفى الكلية كان تقدمه رائعا سواء فى الامتحانات أو فى البحوث الأصلية . وعندما بلغ الواحد والعشرين من عمره قدم للأكاديمية الملكية الأيرلندية بحثاً بعنوان

« نظرية عن أنظمة الأشعة » تعتبر في الواقع فتحاً لعلم جديد هو البصريات الرياضية .

\* \* \*

كان هدف هاملتون في هذا البحث أن يعيد بناء هندسة الضوء بإيجاد وسيلة موحدة لحل كل مشاكل ذلك العلم . بدأ من القواعد المعروفة التي تقول بأن شعاع الضوء يسير دائماً في المسار الذي يستغرق أقل وقت ( حسب نظرية الموجات ) أو أقل « فعل » ( حسب نظرية الكريات ) عندما ينتقل من نقطة إلى أخرى . ينطبق هذا القول سواء كان المسار خطاً مستقيماً أو منحني نتيجة الانكسار . وكانت إضافة هاملتون هي اعتبار هذا الفعل ( أو ذلك الزمن ) كدالة لمواقع النقط التي يسير الضوء بينها ، وتبين أن هذه الكمية تتغير مع تغير إحداثيات هذه النقط وفق قانون أطلق عليه « قانون الفعل المتغير » . لقد أوضح هاملتون أن جميع البحوث المتعلقة بنظام من الأشعة الضوئية يمكن اختزالها إلى دراسة هذه الدالة الوحيدة . وكان كشف هاملتون لهذه « الدالة المميزة » ، كما سماها ، نصراً رائعاً للعبقريّة العلمية . لقد عرضه لأول مرة عندما كان في السادسة عشرة ووصل به إلى درجة تقرب الكمال وهو في الواحد والعشرين من عمره .

وكان من نتيجة ذلك البحث أن تغيرت ظروف هاملتون

تغيراً كبيراً ، ذلك أن كرسى الأستاذية فى الفلك ، وكان شاغله يتقاضى مرتباً سنوياً قدره ٢٥٠ جنيه ، ويضفى على شاغله لقب الفلكى الملكى لأيرلندا ، قد صار شاغراً عام ١٨٢٦ عندما عين شاغله جون برينكلى الموقر أستاذ الفلكيون . وهو المركز الذى احتله فى وقت ما الفيلسوف الكبير جورج بيركل . وانتخب هاملتون خليفة لبرينكلى بعد بضعة أشهر من تخلى الأخير عن هذا المنصب . وكان انتخاب شاب لم يتخرج بعد لاحتلال كرسى الأستاذية حدثاً غريباً أدى إلى بعض النتائج العجيبة . ولندكر على سبيل المثال أن حامل لقب الفلكى الملكى يحول له أن يختبر المتقدمين لنيل جائزة القس لو ، وهى جائزة فى الرياضيات يتقدم إليها الخريجون ، وهكذا كان الشاب الذى لم يتخرج بعد يختبر الخريجين فى فروع الرياضيات العليا .

وبينما كان الجميع يقدرّون الشرف الذى أسبغ على هاملتون بتعيينه فى هذا الكرسى إلا أن البعض كان يرى من الحكمة أن يرفض هاملتون هذا العرض ، ذلك لأنه كان من المؤكد أنه سيتنخب بعد عام أو عامين زميلاً فى كلية ترينيتى وهو مركز يدر له دخلاً أكبر ويفسح أمامه فرصاً أوسع ، غير أن الدافع الأساسى الذى دفع هاملتون إلى قبول العرض هو أن كرسى الفلك وظيفة أساسها البحث العلمى بينما مركز الزمالة يتطلب منه صرف جهود

كنسية والقيام فيما بعد بواجبات المعلم والمدرس إلى جانب واجبات أخرى تستغرق معظم وقته .والذى لاشك فيه أن معدات البحث فى المرصد الفلكى كانت فقيرة غاية ما يكون الفقر ، ولكن هاملتون ، والذين اتخبوه ليحتل ذلك المركز ، كانوا يهدفون إلى إيجاد وضع يسر له أن يستمر فى بحوثه النظرية التى بدأها بكل روعة بذلك البحث عن « أنظمة الأشعة » .

ولقد كان على هاملتون أن يعطى سلسلة من المحاضرات فى علم الفلك ، وكانت عادته أن يناقش فى هذه المحاضرات العلاقة بين الفلك والعلوم الفيزيائية بشكل عام ، وكذلك العلاقة بين الفلك والميتافيزيقا وكافة ميادين الفكر المرتبطة بها . وكانت محاضراته شاعرية وثقافة بحيث جذبت ، إلى جانب تلاميذه ، عدداً من الأساتذة . وعندما دار الحديث عام ١٨٣١ عن احتمال نقله إلى كرسى الرياضيات ، أصر المجلس على أن يبقى كما هو ورفع مرتبه إلى ٥٨٠ جنيه فى العام وسمح له أن يكرس بحوثه فى ميدان الرياضيات .

\* \* \*

وفى عام ١٨٣٢ أعلن هاملتون للأكاديمية الايرلندية الملكية كشفاً مهماً فى ميدان البصريات يعتبر امتداداً لنظريته عن أنظمة الأشعة . كان معلوماً أن بعض البلورات ذات المحورين ، مثل التويز

والأراجونيت يعطى شعاعين منكسرين ، الأمر الذى يؤدى إلى ازدواج فى الصورة . ولقد وضع أوجستين فرنزل الفرنسى قواعد الانكسار المزدوج . ثم جاء هاملتون وفحص قانون فرنزل فى ضوء طريقته العامة ، واستنتج أنه فى حالات خاصة قد يسقط شعاع واحد على بلورة ذات محورين وتكون النتيجة لاشعاعين لحسب ولكن عدد لانهاى من الأشعة المنكسرة مكونة مخروطاً ضوئياً ، وفى حالات خاصة أخرى يؤدى سقوط شعاع واحد على نفس البلورة إلى تكوين مخروط ضوئى مختلف . وبناء على ذلك اقترح هاملتون ، على أساس نظرى ، قانونين جديدين للضوء أطلق عليهما الانكسار المخروطى الداخلى والانكسار المخروطى الخارجى ، وسرعان ما تحقق عالم الفيزياء همفرى لويدي دبلان وصديق هاملتون من هذين القانونين بشكل عملى .

وفى عام ١٨٣٤ كتب هاملتون ، ولما يبلغ التاسعة والعشرين من عمره ، إلى عمه قائلاً : « إننى آمل وأهدف إلى إعادة بناء علم الديناميكا بأكمله ، وبأوسع معانى الكلمة ، على أساس فكرتى عن الدالة المميزة . » وانطلق بعد ذلك ليطبق هذه القاعدة على حركة مجموعة من الأجسام ؛ وفى العام التالى عبر عن معادلات الحركة بشكل يبين الازدواج القائم بين مركبات كمية الحركة فى المجموعة الديناميكية وإحداثيات موضعها . ولم يدرك علماء الفيزياء والرياضة

أهمية هذا الازدواج إلا بعد أن مر قرن كامل ، وبعد أن نشأت نظرية السم .

وفي عام ١٨٣٥ أنعم على هاملتون بلقب فارس ، وبعد عامين انتخب رئيساً للأكاديمية الملكية الأيرلندية . ولكن حياته الخاصة كانت أقل توفيقاً . كان قد شيد لنفسه منزلاً عندما عين أستاذاً وأقام فيه مع ثلاث من شقيقاته ، على رابية تبعد خمسة أميال من دبلن وإلى جوار مرصد دنسينك . وعندما بلغ السادسة والعشرين من عمره أحب هيلين ماريا بيلي ابنة مدير سابق في كوتى تيبيري . وعندما تقدم لخطبتها رفضت أول الأمر ، ولكنها قبلته آخر الأمر وتم الزفاف في اليوم التاسع من أبريل عام ١٨٣٣ . ولقد كتب هاملتون خطاباً إلى صديق له يعبر فيه عن « حجل زوجته الشديد ورقها » ، ذلك الحجل وتلك الرقة اللذان زادا بعد الزواج . ورزق هاملتون بولدين وبنت خلال ست سنوات ، غير أن الزوجة لم تجد لديها القدرة على مباشرة شئون المنزل وتركت دنسينك لتعيش مع أختها المتزوجة في إنجلترا . وعادت الزوجة عام ١٨٤٢ ولكن الأحوال لم تتحسن في المنزل ، ومنذ ذلك الوقت والعالم الكبير لا يتناول وجباته في مواعيدها المحددة ، وبدأ في تعاطي الخمر لدرجة خطيرة .

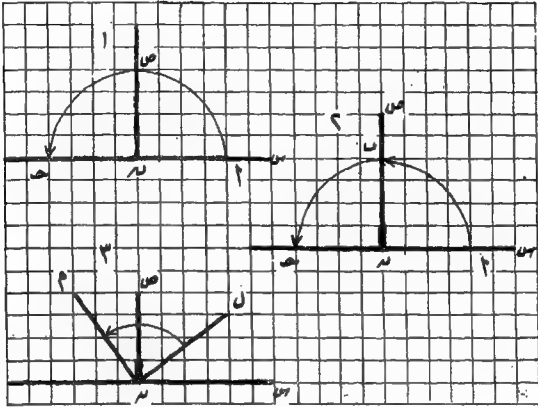
وعندما أوليت شرف احتلال كرسى هاملتون عام ١٩٠٦ ،  
 بعد سنين طويلة من وفاته ، قابلت كثيرين من كمانوا يعرفونه  
 شخصياً . وتروى كثير من القصص عن حياته فى القرية . وفيما يلى  
 إحدى هذه القصص الطريفة . كان العالم ، الذى تربى فى المدينة  
 ولا يعرف من شئون الفلاحة إلا النذر اليسير ، يشرف على قطعة  
 من الأرض تبلغ ١٧ فدانا إلى جوار مرصد دنسينك ، واشترى  
 بقرة لتدر اللبن لآل منزله . وبعد فترة من لوقت بدأت كمية اللبن  
 تقل ، وهذا امر طبيعى جدا ، غير أن هاملتون ذهب ليستشير  
 أحد جيرانه الفلاحين . وأجاب الفلاح بأن السبب فى ذلك إنما هو  
 تلك الوحدة القاسية التى تحيط بالبقرة . وتساءل هاملتون هل من  
 الممكن أن نوجد لها رفقاء يقضون على هذه الوحدة ، ووافق  
 الفلاح على أن يجعل مواشيه ترعى فى مراعى هاملتون الغنية بعد أن  
 تقاضى من العالم أجراً على ذلك ا .

\* \* \*

وبالرغم من الظروف الصعبة التى كان يحيا فيها هاملتون ،  
 فإن نشاطه العلمى لم يتوقف . وفى عام ١٨٤٣ توصل إلى كشف  
 عظيم ، هو حساب الرباعيات .  
 توصل إلى هذا الكشف بعد تفكير طويل فى مشكلة العنود



على قاعدة عامة لحساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة خطوط مستقيمة عند معرفة اتجاهات هذه الخطوط . هذه المستقيمات ذات الطول المحدد والاتجاه المحدد تعرف بالمتجهات . ومن المعلوم أن أى متجه فى مستوى معين يمكن تمثيله بعدد مركب أى بعدد يتكون من عددين واحد منهما حقيقى والآخر تخيلى أو  $\sqrt{-1}$  صه ( ومن المعتاد أن يعبر عن جذر - ١ ، وهو عدد تخيلى ، بالحرف  $i$  بحيث يصبح العدد السابق  $i$  صه +  $i$  صه ) . وإذا عبرنا عن الأعداد الحقيقية بمسافات تؤخذ على المحور السينى لرسم بيانى ، فإن ضرب أى عدد منها فى - ١ ، الشئ الذى يؤدى إلى تحويله إلى نفس العدد ولكن بإشارة سالبة ، يمكن اعتباره بمثابة دوران هذا الخط خلال زاوية قدرها ١٨٠ درجة ؛ هذا بينما يعتبر ضرب العدد فى  $i$  أو جذر - ١ يعتبر بمثابة دوران الخط خلال زاوية قدرها ٩٠ درجة ( انظر الرسم ص ١٢٨ ) . وعلى ذلك فإن الأعداد التخيلية تمثل على المحور الصادى ، ويمكن اعتبار  $i$  تمثل وحدة على هذا المحور ، أو وحدة المتجه . إن أى متجه يمكن ، إذن ، أن يعبر عنه بعدد مركب يمكن تحليله إلى خط على المحور السينى وآخر على المحور الصادى . مثل هذا المزدوج ، الذى يتكون من عددين ، تنطبق عليه قوانين الجبر التى تنطبق على العدد الواحد : فن الممكن جمع المزدوجات

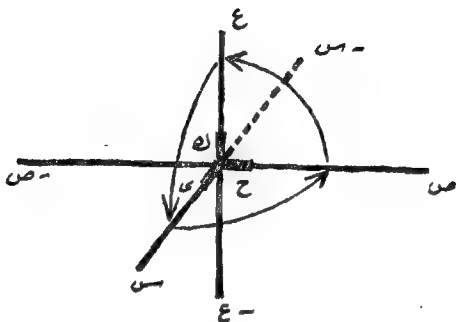


يستخدم العدد المركب ، الذى يتكون من عدد حقيقى وآخر خيالى هو جذر - ١ ،  
لوصف طول واتجاه مستقيم معين . وعندما تجمع الأعداد المركبة أو تطرح أو تضرب  
تكون العملية بمثابة عملية هندسية مثل الدوران . فى الشكل رقم (١) يضرب المستقيم  
ن أ الذى يمثل العدد + ٤ فى الكمية - ١ فيتحول إلى المستقيم ح أ - ٤ .  
هذا الضرب فى - ١ يساوى عملية دوران خلال ١٨٠ درجة . وفى الشكل رقم (٢)  
تم عملية الضرب على مرحلتين أى يضرب أولاً فى  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ثم مرة أخرى فى  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ( يكتب جذر - ١ عادةً بـ  $i$  ) . وعلى ذلك يمكن اعتبار الضرب فى الكمية  $i$  بمثابة  
دوران خلال ٩٠ درجة . يؤدى ذلك إلى ظهور فكرة قياس المسافات التفاضلية على  
المحور الصادى وذلك بجعل  $i$  وحدة المتجه ، على ذلك المحور . ويوضح الشكل رقم  
(٣) أن الضرب فى  $i$  بعد بمثابة دوران ٩٠ درجة حتى ولو كانت نقطة البدء لا تقع  
على المحور السينى ، فالمستقيم من نقطة ن ( س = صفر ، ص = صفر ) إلى نقطة ل  
( س = ٤ ، ص = ٣ ) يمكن تمثيله باستخدام الأعداد المركبة على النحو التالى  
٤ + ٣  $i$  . فإذا ضربنا هذا العدد فى  $i$  فأننا سنحصل على ٤  $i$  + ٣  
أو ٣ - ٤  $i$  . وهذا العدد الأخير يمثل المستقيم م ( س = ٣ ، ص = ٤ ) ،  
أو دوران المستقيم ن ل بمقدار ٩٠ درجة .

وطرحها وضربها وقسمتها حسب القواعد العامة . كما يمكن حساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة متجهات في مستوى واحد على أساس المعادلة :  $m_1 : m_2 = m_3 : m_4$  .

ولقد استنتج هاملتون أنه يمكن التعبير عن المتجه في الفراغ ذى الثلاثة أبعاد باستخدام ثلاثة أعداد ، أو بثلاثية ، تماما مثل التعبير عن المتجه على سطح بعددين أو بمزدوج . وفكر في الحصول على الحد الرابع المتناسب باستخدام طريقة ضرب الثلاثيات غير أنه قابل كثيراً من المصاعب . ولقد شاركه أطفاله الآمال والقلق يوماً بعد يوم ، وكثيراً ما كان يسأله ولیم إدوين ( وعمره تسعة أعوام ) أو أرشيبالد هنرى ( وعمره ثمانية ) ، وهم يتناولون طعام الإفطار : « حسنا يا والدى ، هل تستطيع الآن ضرب الثلاثيات ؟ » ، فكان الأب يهز رأسه فى أسى ويحجب : « كلا ، ليس فى ميسورى سوى أن أجمعها أو أطرحها » .

وفى يوم من الأيام ، بينما كان هاملتون يسير من دنسينك إلى دبلن ، لمعت فى ذهنه فجأة فكرة كفيلة بحل مشكلته : إن العمليات الهندسية فى الفراغات ذات الثلاثة أبعاد تتطلب لوصفها رباعيات لا ثلاثيات . لى يحدد المرء العملية اللازمة لتحويل متجه إلى آخر فى الفراغ ، ينبغى معرفة أربعة أعداد : (١) النسبة بين طولى



يستخدم الجبر غير التبادلي لتمثيل العمليات الهندسية في ثلاثة أبعاد . يمثل للنتيجة في ثلاثة أبعاد في نظام من الإحداثيات ثلاثة محاور متعامدة على بعضها البعض (محور س يتجه إلى القارئ ، ومحور ص ، ع غل مستوى الورقة ) باستخدام ثلاثة متجهات كل منها وحدة ص ، ح ، ك . ويعني الضرب في ص دوران ٩٠ درجة في المستوى المتعامد على متجه ص أي مستوى ص ، ع . وكذلك الضرب في ح أو ك يعطي نفس المعنى كما تشير الأسهم . والآن يمكن أن ترى أن ضرب ص  $\times$  ح يؤدي إلى دوران ح إلى ك . ومن الناحية الأقرب فان ضرب ح  $\times$  ص سيؤدي إلى دوران ص إلى ك بحيث أن  $ص \times ح = ك$  ولكن  $ح \times ص = -ك$  . أي أن عملية الضرب ليست تبادلية :  $ص \times ح$  لا يساوي  $ح \times ص$  .

المتجهين ، (٢) الزاوية بينهما ، (٣) العقدة ، وأخيراً (٤) ميل كل منهما على الآخر .

وأطلق هاملتون على هذه الأعداد الأربعة اسم الرباعية ، ووجد أن في ميسوره أن يضرب الرباعيات كما لو كانت أعداداً مفردة . غير أنه كشف عن أن قواعد الجبر التي تنطبق على الرباعيات تختلف عن قواعد الجبر العادية في نقطة حاسمة هي أنها غير تبادلية . وهذه الكلمة تتطلب بعض التفسير . عندما نضرب  $2 \times 3$  فإن الناتج يماثل الناتج الذي نحصل عليه إذا ضربنا  $3 \times 2$  . إن قانون الضرب التبادلي ، كما يسمى ، يمكن تضمينه في المعادلة الجبرية الآتية :  $a \cdot b = b \cdot a$  . وهذا القانون ينطبق على الأعداد التخيلية بقدر ما ينطبق على الأعداد الحقيقية . غير أنه لا ينطبق على الرباعيات ، لأن هذه الرباعيات تصف عمليات هندسية مثل الدوران . وبين الرسم (في صفحة ١٣) سبب ذلك . إنه يمثل ثلاثة محاور متعامدة ، يقع المحوران العصادى والعينى منها على مستوى الورقة ، بينما يتجه المحور السينى نحو القارىء . أما  $a$  ،  $b$  ،  $c$  ،  $d$  فتمثل وحدة المتجه على المحاور السينى والعصادى والعينى على التوالى . ويعنى الضرب فى  $d$  حدوث عملية الدوران ضد عقرب الساعة وعلى سطح الورقة خلال  $90^\circ$  درجة . أما الضرب فى  $c$  أو فى  $b$  فيعنى حدوث عمليات دوران فى مستوى متعامد على سطح الورقة . والآن ، فإن ضرب

ح × ي يؤدي إلى دوران ح حتى تصل إلى ل، بمعنى أن ي ح = ل .  
 أما ضرب ي × ح فيؤدي إلى دوران ي حتى تصل إلى - ل ،  
 أي أن ح ي = - ل ومن ثم فإن ي ح لا تساوي ح ي .

\* \* \*

وكان انكسار القانون التبادلي خروجاً كبيراً على التقاليد ،  
 بل كان بمثابة بدء عهد جديد . وسرعان ما سرى نبا هذا الكشف  
 بسرعة كبيرة وأدى إلى انبعاث موجة من الاهتمام في دبلن بين  
 الكثيرين من ذوى المراكز الرفيعة ، تماثل الموجة التي ظهرت  
 في لندن بعد ذلك عندما كشف أينشتين نظرية النسبية العامة ، وعندما  
 دعى اللورد هالدين أينشتين لمقابلة أسقف كاتدرى الكبير على  
 الغذاء . وكثيراً ما كان هاملتون يقابل الأرسقراطيين الإنجليز  
 أو الأيرلنديين في الشارع فيستوقفونه قائلين : « بحق الشيطان ،  
 ما هذه الرباعيات ؟ » ، ولكي يرضيهم هاملتون نشر كتابه الطريف  
 « خطاب إلى سيدة » ، فسر فيه هذه الكلمة بقوله « إنها توجد ،  
 مثلاً ، في الإنجيل ، عندما أوكل هيرود إلى بطرس الرسول مهمة  
 قيادة أربع رباعيات من الجنود . . . وإذا أخذنا مثلاً آخر أقرب  
 إلينا وأكثر طرافة ، فإن الكلمة وردت في قصة سكوت « جاي  
 ماترنج » ، حيث قال سكوت إن السير روبرت هازلوود يحشو

عباراته الطويلة « بالثلاثيات والرابعيات » .

ومنذ ذلك الوقت حتى مات ، بعد اثنين وعشرين عاماً ، عمل هاملتون على تطوير هذا الحساب الجديد . وكان الحزن والوحدة يخيمان عليه خلال الجزء الأغلب من هذه السنين ؛ فكثيراً ما كانت زوجته تمرض أو تغيب عنه . وكان يعمل طوال النهار في قاعة الغذاء الموجودة بالمرصد ، حيث يحمل إليه الطاهى من وقت إلى آخر شريحة من لحم الضأن . ( وبعد أن مات وجدت بين أوراقه صهون بها عظام من قطع الضأن التي كان يأكلها ) .

وسرعان ما تبع كشف هاملتون كشوف أخرى جديدة في الجبر مثل نظرية المصفوفات ، وهي كذلك غير تبادلية لأنه وضع اللبنات الأولى لمدرسة رائعة في الرياضيات ، بالرغم من أن هذه المدرسة لم تزهو وتوث ثمارها إلا بعد نصف قرن من الزمان . أذكر أنني كنت أناقش ألفريد نورث هوابتد عام ١٩٠٠ عن مستقبل الرباعيات ، وقواعد الجبر غير التبادلية الأخرى ، في مجال علم الفيزياء ، وكان رأى هوابتد أن علم الفيزياء يمكن معالجته الآن بقواعد الجبر العادية ، غير أنه من المحتمل أن تتفتح آفاق جديدة في علم الفيزياء لا تنطبق فيها إلا قواعد الجبر غير التبادلية . وفي نفس ذلك العام بدأت هذه النبوءة تدخل دور التحقيق ، ذلك أن ماكس بلانك استخدم السكة ه عندما بدأ في وضع نظرية الكم . ومن

المعلوم الآن أن هـ هي كمية الفعل ، وأن الفعل كان التصور الرئيسى فى نظام الديناميكا الذى وضعه هاملتون . وهكذا بدأت تبرز أفكار هاملتون عن الديناميكا ، وإن كان ذلك حدث ببطء كبير . وعندما نشرت كتابى « الديناميكا التحليلية » ، عام ١٩٠٤ وجه إلى نقد قاس لآنى كرسى جزءاً كبيراً منه فى معالجة موضوعات مثل ازدواج عزوم الإحداثيات ، وكمية الحركة ، وغير ذلك من الأفكار التى قدمها هاملتون . وكان النقد يعتبرون أنها أقرب ما تكون إلى التلاعب الرياضى .

واستمر العمل الجاد بالرغم من كل شىء . رآدى كشف نظرية النسبية الخاصة إلى بروز فكرة الرباعيات ، ذلك أن آرثر كيلي بجامعة كامبريدج كان قد أوضح منذ عام ١٨٥٤ أن الرباعيات يمكن استخدامها لتمثيل عمليات الدوران فى الفراغ ذى الأربعة الأبعاد ، وعبرت نتائجه بشكل جميل عن تحويل لورنتز العام . وجاءت الكشوف الجديدة فأكدت مرة أخرى أهمية كمية الحركة التى تظل محتفظة بشكلها فى مختلف الأنظمة التى تستخدم أساساً ، ومن ثم فإنها أكدت دور كمية الحركة الكبير فى الفيزياء النسبية .

وفى نفس الوقت بدأ العاملون فى نظرية الكميات يدركون أن مفاهيم هاملتون الديناميكية يجب أن تكون أساس كافة قواعد



تقدير السمات . وفي عام ١٩٢٥ أدخل ورنهيزنبرج وماكس بلانك وباسكال چوردان الجانب الآخر من أعمال هاملتون - الجبر غير التبادلي - في نظرية السمات ، وذلك بأن بينوا أن معادلات هاملتون في الديناميكا تنطبق في هذه النظرية بشرط أن توضع الرموز التي تمثل الإحداثيات والعزوم في الديناميكا الكلاسيكية كمؤثرات لانتطبق قاعدة التبادل على مضروباتها .

\* \* \*

وكان الزمن يقف إلى جانب آراء هاملتون عن الازدواج بين الإحداثيات المعممة وكمية الحركة المعممة . اتضح ذلك بكل جلاء عام ١٩٢٧ عندما كشفت قاعدة عدم التحديد لهايزنبرج . وتنص هذه القاعدة على أنه كلما حددنا إحداثيات أحد الجسيمات بدرجة أكبر من الدقة ، ترصلنا إلى معرفة كمية حركته بدقة أقل ، والعكس من ذلك . وحاصل ضرب هاتين الدرجتين من عدم التحديد يدور حول ثابت بلانك  $h$  .

وكان المشتغلون في ميدان ميكانيكا السمات يميلون إلى اعتبار أن نوع الجبر غير التبادلي الذي يتلامم لأكبر درجة مع مشاكلهم هو المصفوفات أكثر مما هو الرباعيات . ولكن معادلات هاملتون الأصلية ظلت تشر يوما بعد يوم . وما د مصفوفات اللف ، التي

توصل إليها ولفجانج باولى ، والتي تعتمد عليها نظرية ميكانيكا  
 الكمات عن الدورانات وكمية الحركة الزاوية ، إلا وحدات هاملتون  
 الرباعية الثلاثى ، ح ، لى . ولقد أوضح آرثر كونواى أن وسائل  
 الرباعيات يمكن أن تستخدم عند مناقشة معادلة ب . ا . م .  
 ديراك الخاصة بمقدار اللف فى الإلكترون ولعل معادلة هاملتون  
 التى صاغها عام ١٨٤٣ تثبت أنها التعبير الطبيعى لعلم الفيزياء الحديث.



## ج. ف. فيتزجيرالد بمقام السير ادوين ويتاكر

في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر ، وأنا شاب صغير ، كنت أعمل كأحد سكرتيرى قسم الرياضة والفيزياء في الجمعية البريطانية لتطور العلوم وهناك عرفت واحدا من العلماء الذين يحضرون الاجتماعات السنوية للجمعية بانتظام وأحد المتكلمين البارزين في هذه الاجتماعات ، ذلك هو جورج فرانسيس فيتزجيرالد عالم الفيزياء البارز .

وبينما كنت أعرف جيداً علماء الرياضة والفيزياء من كامبريدج وأكسفورد ، إذ كنت أعيش بينهم ، لم أكن أقابل العلماء الأيرلنديين إلا في اجتماعات الجمعية البريطانية . ( ولعله يحذر بنا أن نذكر في هذا المجال ، ونحن نعجب ، أن عدداً كبيراً من علماء الرياضة والفيزياء في القرن التاسع عشر كان من أصل إنجليزي أيرلندي ؛ فهناك وليام رومان هاملتون وهنري لويد وجورج جابريل ستوكس ولورد كلفن وجورج سالمون وجوزيف لارمور وفيتزجيرالد . ) كان فيتزجيرالد يثير إعجابي ، وكان وجهه يدعو

إلى الالتفات بلحيته المسترسلة وعيذه الثابتين وبهاء طلعتة. وكانت خصل شعره الرمادية تضفي عليه جواً من الوقار بالرغم من أنه لم يكن قد تعدى الخمسين عندما مات عام ١٩٠١ . يقول أحد زملائه من غير المشتغلين بالعلم « إنه يذكرني بمظهر الفلاسفة الإغريق الذين لا تملك إلا أن تشعر إزاءهم بالاحترام العميق المنبعث من الإحساس بذكائهم وشخصيتهم » .

كان أبوه هو السيد المحترم وليام فيتزجيرالد قسيس كورك وأكثر القساوسة بروزاً في الكنيسة وكانت أمه أخت جورج جونستون ستون أحد علماء الرياضة والفيزياء الذي يرجع إليه الفضل في صك كلمة « الإلكترون » . وتعلم فيتزجيرالد الصغير في المنزل . ولعله مما يدعو إلى العجب أن نلاحظ أن الكثيرين من الأطفال الذين تعلموا في منازلهم بإشراف مدرس خاص قد نبغوا فيما بعد . وأبرز مثل حي على ذلك هو برتراند رسل . أما السبب في ذلك فلست أنوى بحثه . ولعل المتشائم يقول إن تعليم المدارس يضع جميع التلاميذ في المرتبة الثانية وإن الضرر لا يلحق بأغلب التلاميذ إذ هم ، على أية حال ، لن يتجاوزوا المرتبة الثانية . ولا شك أن الحظ خالف فيتزجيرالد عند اختيار مدرسه الخاص إذ لم يكن هذا المدرس سوى أخت جورج بول خالق المنطق الرمزي .



وما إن بلغ فيتزجيرالد السادسة عشرة من عمره حتى التحق بجامعة دبلن حيث حصل ، عام ١٨٧١ ، على درجة ممتازة في الرياضيات والعلوم التجريبية . وفي تلك الأيام لم تكن هناك درجة دكتوراه ، وكانت الخطوة التالية لمن يرغب في متابعة دراسته أن يعمل حتى يحصل على لقب الزمالة . وكان مفروضا على الطالب في دبلن ، لكي يحصل على هذا اللقب ، أن يدرس بعمق كل أعمال الفرنسيين العظام جوزيف لاجرانج وبير لا بلاس وسيمون بويسون وجين فورييه ، هذا إلى جانب أعمال عمالقة دبلن في ميدان الفيزياء الرياضية هاملتون وجيمس ماك كولا . وانغمس فيتزجيرالد بعمق في هذه الدراسات ، وجذبه كذلك الكتابات الميتافيزيقية للفيلسوف الأيرلندي جورج بيركلي . وفي عام ١٨٧٧ حصل على لقب الزمالة ، وفي عام ١٨٨١ انتخب استاذا للفلسفة الطبيعية والتجريبية في جامعة دبلن .

\* \* \*

وحق ذلك الوقت لم تكن مهمة دراسة الفيزياء التطبيقية في دبلن . وكان أول معمل للفيزياء يدرس فيه الطلبة العاديون التجارب العملية ، حسب ما أعلم ، في جامعة أدنبرة ، وفتحه الأستاذ ب . ج . تيت عام ١٨٦٨ . هذا بالرغم من أن وليام تومسون

(الذى عرف فيما بعد باسم لورد كلفن) ظل ، لعدة سنوات ، يستخدم أبرز تلاميذه كساعدين له فى بحوثه . ولم يتقرر عمل كرسى أستاذية كاندشير فى كامبريدج إلا عام ١٨٧١ . وما إن عين فيتزجيرالد أستاذا فى دبلن حتى أقنع مجلس كلية ترينتى بإعطائه معملا كيميائيا غير مستعمل ، وفى هذا المعمل بدأ إعطاء الدروس فى الفيزياء التجريبية .

غير أن فيتزجيرالد كان عالما نظريا فى المقام الاول ، وأولى اهتمامه فعلا إلى الأمور النظرية . لقد أهتم بمشكلة الاثير ، وقبل رأى نيوتن الشهير : « إننى أعتقد أن افتراض احتمال تأثير جسم فى آخر يبعد عنه مسافة دون أن يكون بينهما وسط ما ، بل مجرد الفراغ . . . أمر مضحك وغير مقبول بحيث لا يمكن أن يخطر على بال شخص لديه ملكة التفكير المتزن فى الأمور الفلسفية . » كان فيتزجيرالد ، مثل ديكارت ، مقتنعا بأن الفضاء ، وحق الفضاء بين الكواكب ، يحتله وسط يمكنه أن ينقل القوى ويؤثر على الأجسام المادية المغورة فيه ، بالرغم من أن حواسنا لا تستطيع أن تحس بوجود ذلك الوسط . ولا بد أن يكون لهذا الوسط ، الاثير ، خصائص ميكانيكية . ولكن ، هل هى خصائص المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية ؟

كان ديكارت يرى أن هذا الاثير يتكون من جسيمات صغيرة

جدا في حالة حركة مستمرة بحيث تضغط الواحدة منها على الأخرى أو تصطدم بها . وفي القرن التالى جاء العالم الفرنسى السويسرى چورچ لويس لوساج ليقول إن هذا الوسط يتكون من عدد لا نهائى من كريات تتحرك بسرعة كبيرة . وهذه الكريات صغيرة جدا للدرجة أن واحدة فقط من كل مائة تقابل أخرى خلال فترة تصل إلى ملايين السنين . والآثير ، بهذا الشكل ، يماثل ، لحد أو آخر ، صورة الغاز كما تقدمها نظرية حركة الغازات . والواقع أن الفلاسفة الطبيعيين في القرنين السابع عشر والثامن عشر كانوا يتجهون إلى اعتبار الآثير نوعا من الغاز يتخلل كثافة الأجسام ويملأ الفضاء بين الكواكب ، وكانوا يشبهون انتشار الضوء في الآثير بانتشار الصوت في الغاز . غير أن هذه النظرية جابهت في أوائل القرن التاسع عشر اعتراضا يستحيل تخطيه ، ذلك أن توماس يونج اكتشف عام ١٨١٧ أن ذبذبات الضوء تكون متعامدة على اتجاه الانتشار، بينما ذبذبات الصوت تقع في اتجاه انتشاره. وهكذا تصدع التشبيه بين الصوت والضوء في خاصة أساسية . وكان لابد من تعديل المفهوم الخاص بالآثير . وهنا جاء أوجستين فرنزل عام ١٨٢١ ليقتراح أن الآثير لا يسلك سلوك الغاز ولكنه يسلك سلوك الجسم الصلب المرن ، وفسر الذبذبات المستعرضة بأنها ناجمة عن مقاومة الآثير لمحاولة تغيير شكله .



وكانت الظواهر التي أخذت مرتبطة بالآثير هي الجاذبية والضوء. غير أن هناك آثارا فزيائية أخرى يمكن أن تنتقل خلال ما يسمى بالفراغ أو الآثير مثل الكهربية والمغناطيسية. ومنذ عام ١٨٠٠ قال يونج : « لعل التجارب تبين لنا في المستقبل إذا كان الآثير الكهربى هو نفس الآثير الضوئى ، هذا إذا كان لمثل هذا السائل وجود على الإطلاق . » وكتب ميشيل فاراداي بعد ذلك بمخمين عاما : « من الجائز أن يكون للآثير ، إذا كان موجودا ، فوائد أخرى أكثر من مجرد نقل الإشعاعات . » عندما تؤخذ الآثار الكهربية في الاعتبار ، يبدو أن أفضل نوع من الآثير هو الآثير السائل . ولقد أوضح اللورد كلفن أن خواص القضيب المغناطيسى تماثل خواص أنبوبة مستقيمة مغمورة في سائل بحيث يدخل السائل من أحد طرفيها ويخرج من الطرف الآخر . فإذا اقترب الطرفان المماثلان لأنبوبيتين من هذا النوع فإنهما يتجاذبان ، وإذا اقترب الطرفان المختلفان فإنهما يتنافران . وعلى هذا فإن القوى في هذه الأنايب تختلف في اتجاهها عن قضبان المغناطيس ، غير أن قوانين الأثر المتبادل ، فيما عدا ذلك ، تنطبق في حالة هذه الأنايب كما تنطبق في حالة قضبان المغناطيس .

\*\*\*

وعندما انبرى فيتزجيرالد ليعالج مشكلة الأثير لم يفرق في المادية الفجة التي تتميز بها كل هذه النظريات . كان يرى أنه ليس من الضروري أن يصف ذلك الوسط بعبارات تنطبق على أنواع المادة المعروفة . والواقع أنه منذ عام ١٨٧٨ أشار إلى أنه إذا كانت نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية « تدفعنا إلى تحرير أنفسنا من ربة الأثير المادى ، فإنها قد تؤدي بنا إلى نتائج في غاية الأهمية متعلقة بالتفسير النظرى للطبيعة » .

وكان يحرك فيتزجيرالد في بحثه دافعان : الأول اقتناعه بأن أثيراً واحداً يكفي لتفسير كافة الظواهر الفيزيائية ، والثاني إيمان عميق بنظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية عن الضوء . كان ماكسويل قد نشر نظريته في الفترة بين عامى ١٨٦١ ، ١٨٦٤ ، غير أنها لم تلق القبول العام لأكثر من عشرين عاماً . كان فيتزجيرالد من أقوى المؤمنين بها والمدافعين عنها ، وكان يدرك أن الأثير لابد أن يتصف بصفات السائل إلى جانب صفات الجسم الصلب ، ونجح فعلاً في تقديم صورة تتضمن هذين المطلبين المتعارضين في الظاهر .

كانت نقطة البدء عنده هى نظرية المادة التي قدمها لورد كلثن . لقد أشار اللورد كلثن إلى أنه يمكن تشبيه الفعل المتبادل بين الذرات

بسلوك حلقات الدخان التي تقترب الواحدة من إلى الأخرى ثم تعود فترتد عنها ، وكان يرى أن الكثير من صفات الذرات يمكن تفسيره على أساس افتراض أن الذرات تتكون من حلقات زوبعية في سائل يتصف بالكال . كان يؤمن بفكرة « الإسفنجية الزوبعية » ، وهي كتلة من السائل تختلط فيها أجزاء دوارة وأخرى غير دوارة .

رأى فيتزجيرالد أن فكرة الإسفنجية الزوبعية يمكن أن تحل المشكلة التي تواجهه ، ذلك أن الخيوط الزوبعية الموجودة في سائل يتصف بالكال تعبر عن نوع من الحركة تظل فيه محتفظة بذاتيها مهما حدث من تغيرات ، هذا إلى جانب أنها تضيق على السائل شكلا أو آخر من أشكال التماسك . إنها تقوم بدور قضبان الصلب التي يصب فوقها المسلح المقوى ؛ فالسائل يظل سائلا غير أن أجزاء منه تقاوم التشكيل . إنه يظل سائلا من حيث تركيبه الدقيق ، ولكنه يكتسب بعض صفات الجسم الصلب من حيث تركيبه العام .

\* \* \*

وكان من الضروري بعد ذلك التوفيق بين المنتجات الكهربائية والمغناطيسية في نظرية ماكسويل وصفات الإسفنجية الزوبعية . ولقد فعل فيتزجيرالد ذلك بأن قال إنه ما دامت الزوبعية في السائل الذي يتصف بالكال لا يمكن خلقها أو القضاء عليها ، فإن المجال

الكهربى إنما هو تعديل فى نظام استقطاب حركة الزوبعة . ومن الممكن أن تنثنى الخيوط الزويعية الطويلة بشكل حلزونى حول محور متواز مع اتجاه معين . وعندما تنثنى الخيوط بشكل حلزونى فإن طاقة السائل تزداد بالمقارنة بطاقته إذا كانت الخيوط مستقيمة ، ويمكن قياس تلك الزيادة فى الطاقة بمتجه مواز لاتجاه الخيوط . وإن وجود خيط حلزونى واحد فى السائل يؤدى إلى انثناء الخيوط المستقيمة المتوازية المحيطة به ، ومن هذا الأثر يمكن بناء أنموذج من نماذج القوة المغناطيسية . وانتقل فيتزجيرالد بعد ذلك إلى دراسة ديناميكيات الإسفنجية الزويعية ، وبين أن كثافة الطاقة هى مجموع مربعى كميتين يمكن التعبير عنهما بالكثافة الكهربائية والكثافة المغناطيسية . وعلينا أن نلاحظ أن الظواهر الكهربائية المغناطيسية فى هذا الأثر إحصائية فى طبيعتها إذ هى تعتمد على التركيب العام له .

واقدر كتب فيتزجيرالد كثيراً من المذكرات التى طور فيها نظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية ، كان هو الذى قسم ما يعرف بمعادلات ماكسويل - لورنز التى تربط بين المتجهات الكهربائية والمغناطيسية ومواقع وحركات الشحنات . وكان هو الذى طبق نظرية ماكسويل على دوران مستوى استقطاب الضوء عن طريق عكسه بواسطة مغناطيس ، وعلى مشاكل مثل المجالات الكهربائية

والمغناطيسية الناجمة عن الشحنة المتحركة ، ومشكلة الدوران المغناطيسى للضوء الذى كشفه فاراداي وعلاقته بأثر زيمان ، وأثر كير ، وتوليد الطاقة المشعة بواسطة تيار كهربى صغير بحيث تتغير شدة التيار وفق قانون دورى بسيط ، وكانت المتنبذبات الكهربية التى اقترحها فريية الشبه من تلك التى استخدمها هينريش هيرتز بعد ذلك بعدة سنين فى تجربته التاريخية التى أثبت بها وجود الموجات الكهربية (المرئية) .

غير أنه من المؤكد أن اسم فينزجيرالد سيظل دائماً مرتبطاً بكشفه عن : تقلص فينزجيرالد ، وهو افتراض قدمه لتفسير نتيجة غريبة جداً توصل إليها عالما الفيزياء الأمريكيان أ. أ. ميكلسون و إ. و . مورلى وهما يحاولان قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير . لقد استخدموا مدخالا - وهو جهاز لقياس الحيز الطيفى - لمقارنة الزمن الذى يستغرقه الضوء ليقطع مسافة معينة فى اتجاه حركة الأرض وفى الاتجاه المتعامد على اتجاه حركة الأرض . كان من المنتظر أن يختلف الطول الضوئى فى الحالتين ، غير أن العالمين لم يلاحظا أى فرق على الإطلاق . ولقد أدت تلك النتيجة إلى ظهور الرأى القائل بأن الأرض فى سيرها تحمل معها الأثير ، غير أنه من الصعب بمكان التوفيق بين هذا الافتراض ونظرية الزينغ الفلكى وغيرها من الحقائق المعروفة . وبينما كان

فيتزجيرالد يتناقش مع أوليفر لودج في مكتب لودج بليفربول حول هذه المشكلة إذا هو يقول فجأة إن المشكلة يمكن أن تحل إذا ما افترضنا أن الجهاز قد تقلص بشكل آلى في اتجاه حركة الأرض . وتبعب فيتزجيرالد هذه الفكرة ووجد أن هذا التقلص

يجب أن يحسب على أساس النسبة بين  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  والواحد الصحيح حيث  $v$  سرعة الأرض بالنسبة للأثير ،  $c$  سرعة الضوء .

ولقد أشار عالم الرياضة الأيرلندى جوزيف لارمور بعد ذلك بوقت قصير إلى أن الساعات والقضبان لا بد أن تتأثر بالحركة . وإذا أردنا أن نعبر عن الأمر بشكل تقريبي فإننا نقول إن الساعة التي تتحرك بسرعة  $v$  ستبطئ في سيرها بنفس النسبة التي يتقلص بها قضيب متحرك بنفس السرعة . ولقد تحقق كلام لارمور حديثاً بشكل تجريبي رائع عند ملاحظة معدل تحلل الميزونات ، وهي الجسيمات التي تنتج في الأشعة الكونية ، بحسب نظرية لارمور يبدو معدل تحلل الميزون ، بالنسبة لمشاهد يتخذ وضعاً ثابتاً ، أكثر ببطاً كلما ازدادت سرعة حركة الميزون . ولقد وجد عام ١٩٤١ أن هذه هي الحالة فعلاً .

• • •

وكان اكتشاف أن طول القضيبي أو سير الساعة ليست خواص مطلقة للقضيبي أو الساعة ، وإنما هي خواص تعتمد على حركة كل منهما ، كان هذا الكشف أساس تفسير فشل كل التجارب التي أجريت بهدف تحديد سرعة الأرض بالنسبة للأثير .

ولقد أدى هذا الكشف إلى وضع نظرية النسبية الحديثة التي يمكن أن يقال إنها بدأت بكشف « تقلص فيزيقيرد » الذي توصل إليه عام ١٨٩٢ . وما يُرْسَف له أن فيزيقيرد مات في عام ١٩٠١ فلم يتيسر له أن يشهد الثورة التي بدأها في فلسفة علم الفيزياء .







القسم الثالث  
ما هي النار؟



## ١ - بريستلي

### بقلم ميفثيل ويلسون

ميفثيل ويلسون روائية وعالم في الفيزياء ، وكان في رقة ما  
باحثا في الصناعة . وقد أُرِجِدَ لنفسه اسما كأحد  
الكتاب « المحليين » القلائل في مجالات العلوم  
والتكنولوجيا . ولد في مدينة نيويورك عام ١٩١٣ ،  
وجزبة الآداب والعلوم على حد سواء عندما كان يدرس  
بجامعتي نيويورك وكولومبيا . ومال الميزان في بعض  
الاحيان إلى جانب العلوم بفضل أحد أساتذة الفيزياء .  
وقد تخرج ويلسون فعلا على يد ١٠١ . رابى واشتغل  
مساعدنا لأتريكو فيرى في بحوثه عن الميزونات . وفي عام  
١٩٤٠ التحق بهيمة بحوث شركة الكربون السكولومية ،  
وأجرى بحثا على الأفلام الرقيقة والنسخين بالذبذبات  
العالية . وحاول طوال هذا الوقت أن يصبح كاتباً ، وباع  
قصته الأولى لدار كوزموبوليتان عام ١٩٣٩ . ثم كتب  
عدة روايات من النوع الذي يغلب عليه طابع الغموض .  
وفي عام ١٩٤٤ كان عليه أن يختار أحد الطريقتين : البحث  
العلمي أو الكتابة . وكان أول اتجاhe في الطريق الأخير  
« عش مع البرق » ، وهى رواية حصلت على تأييد النقاد  
باعتبارها القصة التى تروى كيف يصبح المرء عالما فيزيائيا  
في العصر الحال .

## ٢ - لافوازييه

### بقلم دنييس دوفين

دنييس دوفين هو رئيس شركة للصابون، وهو كيميائي، ولد في لندن عام ١٩١٠، وتخرج في جامعة أكسفورد عام ١٩٢٩، وأجرى بحثاً في الكيمياء العضوية بالكوليج دى فرانس. وجاء الى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ بعد أن كان يعمل مساعداً فنياً لمدير أحد معاصر المفرقات التي تديرها وزارة التكوين البريطانية. شغف بدراسة تاريخ الكيمياء، وتوجد الآن بجامعة ويسكونسن مجموعة من البحوث الكيميائية القديمة وكيمياء تحويل المعادن إلى ذهب، جمعها دوفين، ولعلها أكبر مجموعة من المطبوعات والمخطوطات التي تعرض أعمال لافوازييه وبحوثه. وقد اشترك أخيراً مع آخرين في نشر مجموعة كاملة لكتابات عالم الكيمياء العظيم. أما هوايته غير العلمية فهي صيد السمك الكبير.

## بريستلى بتم ، ميتشيل ويلسون

في صباح الاثنين ٩ يونيه عام ١٧٩٤ كتبت جريدة «أمريكان ديلى أدفرتايزر» التى تصدر فى فيلادلفيا تحيى وصول أحد المهاجرين من إنجلترا، فقالت «إنه لما يبعث الرضا والارتياح فى نفوس الذين يدافعون عن حقوق الإنسان ، أن تصبح الولايات المتحدة الأمريكية ، أرض الحرية والاستقلال ، ملجأ للشخصيات العظيمة فى هذا العصر ، أولئك الذين اضطهدهم أوروبا ، لمجرد دفاعهم عن حقوق الأمم المستعبدة .

«وسيبقى اسم جوزيف بريستلى فى ذاكرة المستنيرين من الناس ، أما إنجلترا فإنها ستأسف ، ولا شك ، يوماً ما ، على تلك المعاملة غير الكريمة التى عاملت بها هذا الرجل الشهير المحترم ...»

هرب عالم الكيمياء الكبير عبر الاطلنطى إلى العالم الجديد بعد حياة حافلة بالمشاكل التى لم تنتصر على العلم بل امتدت إلى الاضطرابات التى سادت المجتمع فى أيامه العصيبة . وكان بريستلى قبل ذلك بثلاثين عاماً ، وهو بعد قس شاب ، قد ذهب إلى لندن التى تموج

بالمحتذلقين وقطاع الطرق والصناع المهرة والناهين ، وكان في الثلاثين من عمره ، نحيفا ، رقيقا ، تكاد ملاحه تميل إلى الانوثة . أما ملابسه فكانت تغلب عليها الأناقة الدنيوية أكثر منها ملابس أحد رجال الكنيسة . وكان مرحاً ، حاضر البديهة واكتسب شهرة واسعة ككاتب في المسائل الدينية . أما فقره فكان يقابلة على أنه أمر واقع ، ولكنه كان يتمتع بشجاعة أدبية لا تهمر .

ذهب بريستلى إلى لندن لمقابلة الفيلسوف الشهير الذى حضر من المستعمرات الأمريكية بنيامين فرانكلين ، وكان في قمة مجده كأحد العلماء . وكانت تجارب فرانكلين على البرق قد جعلت منه بطلا أسطوريا في أعين معاصريه الأوروبيين . واعتقد الناس أنه قادر على أن ينتج شرارة برقية متى شاء . وأضافت كرامة منبته إلى تلك الهبة المحيطة به . ومع أنه كان مبعوثاً إلى لندن للدفاع عن وجهة نظر المستعمرات ، إلا أن فرانكلين قد وجد من الدبلوماسية أن يحيا حياة عالم زائر بدلاً من مبعوث سياسى .

كان بريستلى أحد رجال الجدل الدينيين الذين يدافعون عن مذهب التوحيد ، وعندما مات أبوه ، وكان يعمل غزالا في مدينة ليدز الصغيرة ، تبنته عمته ، وكانت متسعة الأفق ومستقلة الرأى ، فنشأته في جو من المناقشة الدينية الحرة . ونظرا لضعف صحته



لم يستطع أن ينتظم كثيرا في دراسته المدرسية ، ولكنه تعلم بنفسه الفرنسية واللاتينية والجبر والهندسة . وتحت تأثير عمته التحق بسلك الكنيسة ، فتعلم في إحدى الاكاديميات وتزوج من سيدة ذكية عندما كان في الثامنة والعشرين من عمره وأصبح كاتباً معروفاً في المسائل الدينية . ولم يكن من المعقول أن يستحق ، هو بالذات ، أن يطلق عليه : « الخائن عدو المسيح » كما حدث فيما بعد .

\* \* \*

وكان لزيارات بريستلي لصالون فرانكلين في لندن عقب زواجه أثرها في تغيير مجرى حياته ، فلم يكن حتى ذلك الوقت قد اهتم بالعلم إلا باعتباراه من المربين . وكثيرا ما اقترح على فرانكلين أن يقوم أحد الأشخاص بكتابة كتاب مبسط عن الكهرباء ، وقد حثه فرانكلين أن يقوم بهذا العمل ، ومن هنا نشأت فكرة الكتاب القيم الذي أنهاه بريستلي في عام عن « تاريخ الكهرباء ووضعها الحاضر » . وقد اضطر في أثناء كتابة هذا الكتاب إلى التحقق بنفسه من صحة بعض النقاط المختلف عليها في النظريات الكهربائية . وكان لبريستلي شغف طبيعي بالبحث فقام ببعض الكشوف المتكررة ، وكان منها أن الكربون موصل جيد للكهرباء .

وكان للنجاح الكبير الذي لاقاه هذا الكتاب أن انتخب بريستلي في العام التالي عضوا في الجمعية الملكية .



وكان هذا التذوق للعلم هو الذى دفع بريستلى فى طريقته الجديد ،  
ولكن الصدفة هى التى قادتته إلى طريق الكيمياء . فعندما كان  
فى مدينة ليدز كان يتطن بجوار مصنع تقطير الخور الذى يملكه  
جيكس ونيل ، وكانت الروائح النفاذة لمنتجات التخدير تتخلل  
مسكنه وأصبحت هدفاً لاجته الأولى .

كانت أفكار وآراء الكيميائيين القدامى مازالت تسيطر على  
علم الكيمياء ، فكانت المادة تقسم إلى أربعة عناصر أولية هى  
اليابسة والنار والهواء والماء . وما إن جاء عهد بريستلى حتى كانت  
هذه العناصر الأرسطية قد قسمت إلى عدة أنواع ومراتب .  
فقسمت اليابسة إلى عدة أقسام : زئبقية وزجاجية وقابلة للاشتعال .  
وكانت هناك بالإضافة إلى العناصر أربعة أرواح هى الكبريت  
والزئبق والزرنيخ والملح الشاذرى ، كما كانت هناك ستة أجسام  
هى الذهب والفضة والنحاس والرصاص والقصدير والحديد .  
وكان الفلوجستون هو : روح ، كافة المواد ، وبفضله كانت  
الأجسام القابلة للاشتعال تشتعل .

اعتزم بريستلى أن يصنع أحد أقسام الهواء وهو : الهواء  
الثابت ، ( غاز حامض الكربونيك أو ثانى أكسيد الكربون ) .  
وكان من المعتقد أن جرب البحر ينشأ عن نقص : الهواء الثابت ،  
فى جسم الإنسان . ولذلك فقد صنع بريستلى جهازاً لإنتاج هذا

الغاز من الطباشير وحامض الكبريتيك ثم مرر هذا الغاز في الماء عن طريق أنبوبة مرنة وذلك بعد تنقية الغاز من الشوائب ، وبذلك اخترع بريستلى المياه الغازية . ولما شرح بريستلى طريقته هذه للورد ساندويتش ، أميرال البحرية ، تكونت لجنة لدراسة هذا المشروع ، ثم افتتحت ورشتان لتزويد البحرية بهذه المياه . وقد أثار عمل بريستلى هذا إعجاب الجمعية الملكية فمنحته ميدالية كوبل وهى أكبر جائزة للكيمياء . وأعجبت الدوائر التجارية بهذه المياه فعباها المدعو المستر بيولى وباعها وقد كتب عليها :

«لتحضير مشروب مستر بيولى أذب ثلاثة دراهم من الحفريات القلوية فى كل «كوارت» من الماء ، ثم مرر تياراً من الهواء الثابت إلى أن يزول المذاق القلوى . يجب عدم تحضير كميات كبيرة من هذا المشروب ، كما يجب أن يحفظ فى زجاجات محكمة . ويمكن تعاطى أربع أوقيات منه كل مرة ، مع شرب قليل من الليمونادة أو الماء المضاف إليه القليل من الخل أو زيت الزاج المخفف ( حامض الكبريتيك ) مما يساعد على تصاعد الهواء الثابت فى المعدة . »

أما مشروع بريستلى العلمى الثانى فكان أقل حظاً من سابقه . فقد رضخت البحرية الملكية لنداء علماء الفلك لإرسال إحدى سفنها لمشاهدة كسوف القمر فى جنوب المحيط الهادى ؛ وكانت البحرية تبحث عن عنر مقبول لإرسال بعثة بريئة المظهر إلى هذه المياه ،

ولذلك فقد خصصت سفينة تحت قيادة كابتن جيمس كوك ، وسمحت للعلماء بالصعود إليها بعد أن أعطت الكابتن كوك أوامرها بأن يعطى العلماء كل الفرص للقيام بمشاهدتهم ، ثم يستمر في مهمته الحقيقية وهى رسم خريطة وادعاء ملكية الأرض الشاسعة الموجودة فى جنوب المحيط الهادى والمعروفة باسم «أرض أستراليا المجهولة» . ولما كان بريستلى شغوفاً بأن يذهب فى هذه الرحلة فقد عين قساً للبحارة . ولكنه منع فى اللحظة الأخيرة من الاشتراك فى الرحلة ، وذلك لكتاباتاته الدينية المتطرفة التى أكسبته أعداء كثيرين اهتموه بأنه قد يؤثر فى آراء أعضاء البعثة .

وعاد بريستلى إلى تجاربه عن كيمياء الغازات ، التى ضمنها بعد ذلك فى كتابه «تجارب ومشاهدات على الأنواع المختلفة من الهواء» . وكان جهازه الذى صممه يتسم بالبساطة والأناقة . كان يضع مادة التفاعل فى دورق زجاجى مملوء جزئياً بالزئبق ثم يقلب الدورق فى حوض ملىء بالزئبق بحيث يصبح كل إناء نوعاً من بارومتر تورشيللى . فإذا تصاعد غاز من هذا التفاعل أدى ضغطه المتزايد إلى انخفاض سطح الزئبق إلى أسفل فى الدورق . أما إذا امتصر التفاعل أحد الغازات المحبوسة فى الدورق فإن سطح الزئبق يرتفع وبذلك كان يسهل قياس التغيرات فى حجم الغازات .

وكان بريستلى يستخدم أشعة الشمس لتسخين الغازات ، وذلك باستخدام عدسة لتجميع الأشعة .

وكان أول كشف لبريستلى هو فى نفس الوقت أعظم كشفه ، ألا وهو إنتاج وعزل غاز الأوكسجين . سخن بريستلى المادة المعروفة آنذاك باسم موركيريوس كالسيناتاس ( أوكسيد الزئبق ) فوجد أن الملح يعطى حوالى أربعة أو خمسة أمثال حجمه من أحد الغازات . ولما وضع بعضا من هذا الغاز فى إناء مغلق به شمعة مشتعلة لاحظ أن الشمعة قد احترقت فى هذا الهواء بلهب غاية فى العنف .. ولم ألاحظ مثل هذا اللهب فى أى نوع آخر من الهواء .. فقد احترقت الشمعة وهى توهج .. كما توهجت فى هذا الهواء شظية من الخشب واحترقت عن آخرها بسرعة فائقة ..

ثم علم بريستلى فيما بعد . أن الفيران تعيش فى غازه أطول مما لو عاشت فى نفس الحجم من الهواء العادى . وفى الآنية المغلقة كانت الشمعة المنقذة أو الحيوانات تؤثر فى الهواء بحيث تنطفئ . الشمعة أو يموت الحيوان بعد فترة . وأدرك بريستلى أنه اكتشف طريقة يمكن بها استعادة العنصر الحيوى الذى يفقده الهواء . ثم وجد الوسيلة التى تحافظ بها الطبيعة على هذا العنصر فى الهواء . كتب هذه الكلمات :

« لقد كنت سعيدا إذ تمكنت بالصدفة من معرفة الطريقة التي يمكن بها استعادة الهواء الذي أثرت فيه شمعة محترقة إلى حالته الأولى ، وإذ تمكنت من اكتشاف إحدى هذه الوسائل التي تستخدمها الطبيعة لهذا الغرض ألا وهي النباتات » .

« ففي السابع عشر من أغسطس عام ١٧٧١ ، وضعت عودا من النعناع في كمية من الهواء تشتعل فيها شمعة فوجدت في السابع والعشرين من نفس الشهر أن شمعة أخرى قد اشتعلت في الغاز . وقد كررت هذه التجربة بدون أى تغير في ظروفها حوالى ثمانى أو عشر مرات في المدة الباقية من صيف ذلك العام . »

\* \* \*

وقد أولى ريستلى هذه التجربة عنايته وخلصها من كل مالا داعى له من التفصيلات ، وذلك حتى يصل إلى أبسط نتيجة . وأثبت أن استعادة حيوية الهواء لا تنتج فقط من النعناع ، فالسبانخ وزهر الريحان والحشائش المسماة جروند سل كان لها نفس التأثير . ثم انتهى إلى النتيجة التالية وهي أن : « النباتات ، بدلا من أن تؤثر في الهواء كما يؤثر فيه تنفس الحيوانات ، فإنها تعكس تأثير التنفس وتعمل على المحافظة على الهواء لطيفا عريلا سليما وذلك عندما يفسد بفعل تنفس الحيوانات الحية أو تعفن الحيوانات الميتة . »

\* \* \*

وعلى العكس من آرائه المتطرفة في الدين والسياسة ، كانت آراء بريستلي العلية ونظرياته محافظة ، فقد تمسك بنظرية الفلوجستون إحدى بقايا الكيمياء القديمة ، بل لقد حافظ نفوذ بريستلي على هذه النظرية وأطال من عمرها دون ما داع لفترة أطول مما تستحق . وقد تمكن بريستلي أيضا ، ولأول مرة ودون أن يدرك ذلك ، من عزل غازات النشادر ( « الهواء القلوى » ) والأزوت وأكسيد الأزوتيك وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت (الهواء الحمضي الزاجي ) ومواد أخرى ، وذلك بخلاف غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون .

ولما اشتهر بريستلي كأحد أساطين العلم دعته الجمعية القمرية الشهيرة في برمنجهام ، والتي كان من بين أعضائها وزائريها بعض قادة العلم في ذلك الوقت ، من أمثال العالم الفلسفي سير ويليام هيرشيل ، والمهندس جون سميتون ، وعالم النبات إيراسموس دارون ، والمخترع جيمس وات . وكان أعضاء هذه الجمعية البالغ عددهم حوالى اثني عشر عضوا ، يجتمعون في منزل كل منهم مرة كل شهر في أقرب يوم اثنين من اكتمال القمر . وكانت تبدأ الاجتماعات بالغداء في حوالى الثانية بعد الظهر ثم تستمر إلى الثامنة مساء حين يسطع ضوء القمر فيخرج الأعضاء لكي يمشوا إلى منازلهم .

وقد كتب أحد أعضاء الجمعية إلى صديق له ، بعد اشتراك بريستلي في الجمعية :

« كثيرا ما تحدثنا عن الفلوجستون دون أن ندرى ما كنا نتحدث عنه . ولكن الآن ، وبعد أن ألقي دكتور بريستلي الضوء على هذا الأمر ، أصبح في إمكاننا أن نصب هذا العنصر من إناء إلى آخر بل ويمكننا أن نقدر بالدقة ما نحتاج إليه من هذا العنصر لاختزال الجير عندما يلس أى جسم مرئى . وباختصار ، فإن هذا الإله يمكن قياسه ووزنه كأي مادة أخرى . أما بالنسبة للأمور الأخرى ، فإننى أحيلك على الدكتور نفسه . »

وأضى بريستلي العشرة الأعوام التالية في برمنجهام سعيداً بأبحاثه في الكيمياء ، وكتاباتة عن التعليم واللاهوت . ومع أنه كان ملكياً مخلصاً ، إلا أنه أعلن عن عطفه على أهداف المستوطنين الأمريكين في أثناء الحرب الثورية . وربما كان من الممكن أن ينجو بريستلي من العقوبة نتيجة آرائه هذه ، كما فعل كثير من الإنجليز ، لولا أنه جاهر أيضاً برأيه في ضرورة فصل الكنيسة عن الدولة في إنجلترا كما أيد أهداف الثورة الفرنسية .

كتب ت . ا . ثورب الذى أرخ لبريستلي أنه « مع تقديرنا لبريستلي كفيلسوف مجرب ، إلا أن ما يدعونا إلى زيادة حبه

واحترامه وتقديره هو ما لاقاه من متاعب نتيجة لكفاحه من أجل الحريات المدنية والسياسية والدينية .

وفي يوم السبت عام ١٧٩١ شارك بريستلي جماعة من أصدقائه في احتفال هادئ لهذه المناسبة في برمنجهام . وكان بعض المتحوسين والمتعصين قد وزع منشورات قبلها بخمسة أيام يتهمون فيها القائمين بالحفل بالخيانة ويهددون بريستلي وعائلته بالشنق . تجاهل بريستلي وأصدقائه هذه التهديدات ، وتناولوا غداءهم في أحد المطاعم الخاصة بهدوء . ولكن المتاعب بدأت في المساء ، فأشعلت جماعة من الغوغاء المتحوسين الكنيستين المخالفتين في برمنجهام ثم اتجهت هذه المجموعة إلى منزل بريستلي لحرقه وشنقه هو وأسرته . وقد وصفت إحدى جارات بريستلي ما حدث عندما انتشرت أنباء اقتراب الغوغاء من منزل بريستلي وكيف حاول والدها إيقافهم :

« وصل أبي إلى بوابة دكتور بريستلي قبل الغوغاء؛ واتخذ لنفسه موقفاً بينهم وبين المنزل ، فلما وصلوا إليه حاول أن يثنىهم عن غرضهم بالإقناع وبالإغراء بالمال . وقد بدا كما لو كانوا قد اقتنعوا بكلامه ، عندما صرخ أحدهم بصوت عال ، وكان من قادة الشغب : « لا تلبسوا أمواله ، فقد شق رجل في ثورة ١٦٨٠ بلندن لأنه أخذ ستة بنسات » . ثم بدأ في قذف الحجارة . ولما وجد والدى



أنه من غير المعقول مواجهة مائتي أو ثلاثمائة رجل أدار  
حصانه وانصرف . .

وبينما بريستلي وأسرته يحتمون بمنزل أحد الأصدقاء ، سقط  
الجرع على منزله وبمئذ أوراقه ، وهدمت المنزل وأشعلت النيران  
في الأنقاض . ثم توجهت تبحث عن بريستلي في كل مكان بالمدينة  
لعدة ساعات فهرب هو وأسرته في عربة قبل أن يمسكوا بهم بدقائق .  
ووصلوا إلى لندن بعد أسبوع من الحادث وهم في سقر متواصل .

صدمت هذه الأنباء كثيراً من الناس في لندن ولكن  
الكثيرين غيرهم أدركوا أنه لادخان بلا نار ، وأن  
آل بريستلي لابد أن يكونوا غير موالين . فقد طلبت إحدى  
الخادومات إعفائها من العمل لأنها كانت تعمل قريباً من  
منزل بريستلي وذلك خوفاً من غضب الله . وبدأ أعضاء الجمعية  
الملكية في مهاجمة بريستلي بعنف . ولم يستطع أبناؤه الالتحاق  
بأى عمل فأبحروا إلى أمريكا . وكانت إنجلترا مقبلة إذ ذاك على  
تلك الثلاثين سنة من الاضطهاد حين كانت ترسل السفن المحملة  
بالمسجونين السياسيين إما إلى خليج بوتاني وإما إلى المشقة .

وأدرك بريستلي ، بعد مضي عامين في لندن ، أنه ان يتمكن  
من العيش في سلام في إنجلترا . فقرر أن يلحق بأبنائه في بنسلفانيا .

ورحب به جورج واشنطن في الوطن الجديد ، وألقى المواظ  
في جمع من الناس كان بينهم الرئيس جون أدامز ، وأصبح من  
الأصدقاء المقربين لتوماس يچفرسن . هذا ، وقد رفض  
الاستاذية وبعدها رئاسة جامعة بنسلفانيا ، مفضلا أن يعيش  
في هدوء . . ومات أقرب أبنائه إلى قلبه ، ومن بعده زوجته التي  
لم تفق أبداً من الصدمة التي أصابتها في برمنجهام .

إلا أن إقامة بريستلي في المهجر لم تخل من عمل ، فقد أجرى  
تجاربه الشهيرة وشرحها لچيمس وود هاوس وچون ماكاين  
وروبرت أوهير وهم طليعة الكيمائيين الأمريكيين الذين بدأوا  
عملية صقل ذلك العلم الذي فتح الطريق أمام كشف واستغلال  
ثروات الأراضي الأمريكية .



## لاقوارییه

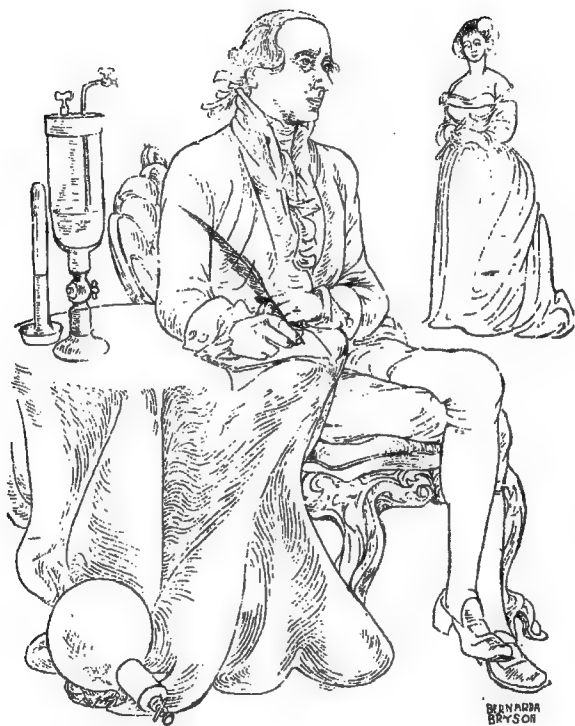
بمقام : رئیس و نایب ا. د. وقایع

اشتر

أنطوان دراسته القانونية وحصل على الليسانس . ولكنه أظهر ميله المبكر للعلم باختياره كلية مازاران للدراسة الجامعية حيث درس علوم الفلك والنبات والكيمياء والجيولوجيا على أيدي مشاهير الأساتذة . وبعد دراسة القانون عاد سريعا إلى العلم . وما إن مرت سنوات ثلاث ، وهو بعد في سن الخامسة والعشرين ، حتى انتخب عضوا في أكاديمية العلوم الملكية ، وذلك نتيجة لأعماله التي أسهم بها في عمل خريطة جيولوجية لفرنسا ، وكذلك لبحوثه الكيميائية في عجينة باريس ، وكذلك لحصوله على الميدالية الذهبية الخاصة تقديرا للخطط التي قدمها في المسابقة الملكية لتحسين الإضاءة في شوارع باريس .

ولما كان لافوازييه قد اعتزم أن يمشى في طريق البحوث العلمية ، فقد بدأ أولاً في تأمين حياته المالية ، فاشترى نصيباً من أسهم شركة « فيرم جنرال » وهي الشركة الخاصة التي كانت تجي الضرائب للملك . وقد درت عليه هذه الأسهم أرباحاً طائلة طوال حياته ولكنها كانت السبب في إعدامه بالجلوتين .

تزوج لافوازييه ، وهو في الثامنة والعشرين ، من ماري آن بيرت پولز ، وكانت في الرابعة عشرة من عمرها ، وهي ابنة أحد كبار أعضاء شركة « فيرم جنرال » . ومع أن هذا الزواج كان من ترتيب والدها حتى لا تقع تحت ضغط الجهات العليا التي كانت ترغب



في زواجها من كونت عجوز فاسد الأخلاق ، إلا أن الأيام أثبتت أن زواج لافوازييه من هذه العروس الطفلة كان ناجحاً سعيداً . بدأت ماري في تعلم اللغتين اللاتينية والإنجليزية لترجمة الأعمال العلمية لزوجها الذي كان قليل الإلمام باللغات الأجنبية . وترجمت له كتابين هامين للعالم الكيميائي الأيرلندي ريتشارد كيرون ، وأعدت له موجزاً لأبحاث نشرها جوزيف بريستلي وهنري كافنديش وغيرهما من علماء الكيمياء المعاصرين . وأوضحت ترجماتها وملاحظاتها التي كانت تكتبها على الهوامش أنها كانت تلم بالكيمياء إلماماً يفوق مجرد المعرفة السطحية . وجعلت ماري من منزلها مكاناً يؤمه العلماء الفرنسيون والأجانب ، كما كانت فتاة موهوبة ترسم وتحفر اللوحات لكتبه ، وساعدته في معمله وكانت سكرتيرته التي تدون الملاحظات عن تجاربه الكثيرة . وبعد إعدام لافوازييه كتبت وطبعت كتابه الأخير « مذكرات في الكيمياء » ، وهو الكتاب الذي كان قد جمع موادّه في السجن ولكنه لم يكمله . ومن المؤسف أنها قد كوفت على عملها هذا أسوأ مكافأة وذلك لزواجها النعس ، الذي لم يدم طويلاً ، من الكونت رامفورد ، وكان الكونت رامفورد عالماً ومخترعاً مشهوراً إلا أنه كان أيضاً مغامراً ووصولياً نفعية .

كانت أعمال لافوازييه في الكيمياء سجلاً حافلاً يحد بنا أن

نستعرضه بسرعة . ففي عام ١٧٧٢ ، عندما كان في التاسعة والعشرين  
 من عمره ، بدأ دراسة احتراق الفلزات وكلسنتها ( تأكسدها ) ،  
 ولاحظ أن الكبريت أو الفوسفور يزداد وزنه عندما يحترق ،  
 وافترض أنه يمتص الهواء . وكان المفتاح الذي يفسر ملاحظاته  
 هو كشف جوزيف بريستلي « للهواء الذي انتزع منه الفلوجستون ،  
 ( الأوكسجين ) . وقد بين لافوازييه بعد ذلك مباشرة أن هذه المادة  
 التي أطلق عليها اسم الأوكسجين هي التي كانت تمتصها المعادن عند  
 تكوين « الكالسات » أي الأكاسيد . وأخذ يستبدال بنظرية  
 « الفلوجستون » ، التي كان قد مر عليها حوالي قرن من الزمان  
 ( وهي النظرية التي تقول أن المواد تحترق بسبب تسرب الفلوجستون ) ،  
 النظرية الصحيحة التي ترى أن الاحتراق عبارة عن اتحاد كيميائي  
 بين المادة المحترقة والأوكسجين . ولم يستطع لافوازييه تفسير  
 تكون النار ، ولذلك فقد أدخل لفظ « الكالوري » لكي يشرح  
 العنصر الذي لا وزن له أي الحرارة . ولكن التفسير الكامل  
 للاحتراق والحرارة لم يتم إلا بعد نمو نظرية « الأتروبي » ،  
 أو « التعادل » في القرن التاسع عشر . ومع ذلك ، فإن لافوازييه ،  
 بالتعاون مع عالم الفيزياء العظيم بيير سيمون دي لا بلاس ، قام  
 بدراسات عن الحرارة المصاحبة للاحتراق ، وضعت الأساس  
 لعلم الكيمياء الحرارية .

فشلت نظرية لافوازييه في مبدأ الأمر في إعطاء تفسير لاحتراق «الهواء القابل للاشتعال» (الإيدروجين) ، وهو الغاز الذى يتصاعد عند إذابة المعادن فى الأحماض ، وهنا كان الفضل لأحد اكتشافات كافنديش فى إمداد لافوازييه بالتفسير الذى يحتاج إليه. فقد علم كافنديش أن الماء النقي ينتج عن احتراق «الهواء القابل للاشتعال» ، فقام لافوازييه بعدة تجارب أخرى استنتج منها أن الماء عبارة عن مركب يتكون من غازين هما اللذان نطلق عليهما الآن الأوكسجين والإيدروجين . وأدرك فوراً أن هذه الحقيقة تضع حجر الزاوية لبناء هيكل جديد كامل فى علم الكيمياء .

لاقت الكيمياء الجديدة قبولا حسناً ، ودعت إلى إعادة النظر فى كشف العناصر ووضع نظام جديد لتسمية المواد ، ولقد وضع لافوازييه ، مع بعض كبار علماء الكيمياء الفرنسيين ، أسماء جديدة ، ما زالت تستخدم إلى وقتنا هذا مع بعض التغيرات البسيطة .

وكان من الطبيعى أن يؤدى شغف لافوازييه الشديد بالاحتراق إلى اهتمامه بالتنفس ، وهناك من يقول إن عمله فى هذا المجال يجعل له الحق فى أن يلقب بمؤسس علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) والكيمياء الحيوية . ومن المؤكد أنه وضع نظاما حيث كانت تم



الفوضى . كان الكثيرون قد خمنوا أن جميع أشكال الحياة تعتمد على عامل حيوى فى الهواء . وبين بريستلى ، وغيره ، بالتجربة أن الحيوانات عندما تنفس تستهلك عاملا ضروريا من الهواء . وكان على لا فوازيه أن يبين الطبيعة الكيميائية البحتة لذلك الدور الذى يلعبه الأوكسجين ، أو كما كان يسمى فيما سبق ، الهواء الحيوى بالنسبة لعملية التنفس ، والاحتراق . وكان لا فوازيه أول من أوضح أن حرارة الحيوان تنتج من عملية بطيئة مستمرة تحدث فى الجسم ، وأنها عبارة عن عملية احتراق بطيئة . ولكى يثبت هذا عمليا صمم وأجرى عدة تجارب رائعة بالتعاون مع لا پلاس ، على نوع من « الفيران أو خناير غينيا ، حيث كانا يقيسان بدقة ما يأخذه الحيوان من الأوكسجين وما يخرج من ثانى أكسيد الكربون والحرارة . وكانا يقيسان الحرارة بواسطة مسعر ثلجى من اخترعها ، وبذلك وضعوا معا أساس علم قياس الحرارة أو الكالوريمترى . وكامتداد لهذا العمل تعاون لا فوازيه بعد ذلك مع أرمان سيجوان فى برنامج للبحوث أدى إلى توضيح حقائق عمليات الأيض . والجهاز الذى صممه لا فوازيه والذى أجرى به هذه البحوث يعتبر الأب المباشر للجهاز الذى يستخدم اليوم فى قياس عمليات الأيض الأساسية .

• • •

وكثيرا ما كان لا فوزيه يضطر إلى وقف بحوثه عندما تدعوه الحكومة إلى أن يقدم لها المساعدة الفنية. دعت الحكومة ذات يوم إلى العمل لحل مشكلة النقص في البارود. كانت فرنسا تشكو من ندرة ملح يتر (نترات البوتاسيوم) ، وهو أحد المركبات الأساسية في صناعة البارود ، كانت تنتجها إحدى الشركات الاحتكارية بطريقة غير فعالة. وقد طلب مراقب عام المالية مشورة لا فوزيه الذى اقترح أن تؤسس الحكومة «إدارة المساحيق» . وقد عين أحد أربعة مديرين لهذه الدار ، ثم استمر فى وضع طرق جديدة للإنتاج أكثر كفاءة . واستطاع خلال ثلاث سنوات أن يرتفع إنتاج فرنسا السنوى للبارود من ٧١٤ طنا إلى ١٦٨٦ طنا. ويمكن القول إن جهود لا فوزيه هذه ساعدت على نجاح الثورة الأمريكية لأنه لولا البارود الذى أمدت به فرنسا الثوار لتغيرت نتيجة الثورة .

ولقد منحت إدارة « المساحيق » لا فوزيه منزلا ومعملا للبحوث داخل دار الصناعة ، حيث قضى أسعد سنى حياته وأكثرها إنتاجاً. ولكن تخللت هذه المرحلة تجربتان تدلان على مدى ما يتعرض له العالم الذى يعمل فى خدمة الحكومة . ففى أحد الأيام ، كان لا فوزيه ، ومعه زوجته وثلاثة من مساعديه ، يجرون تجربة على ملح كاورات البوتاسيوم لدراسة إمكانية

استخدامه كأحد المفرقات لحدث انفجار في المعمل أدى إلى وفاة اثنين منهم ، ولكن لافوازييه نجح سالما هو وزوجته . وقد أبلغ لافوازييه الحادث إلى وزير الملك في عبارات سامية تتم عن طبيعة أخلاقه :

« فإذا تكرمتم ، ياسيدى ، بعرض أمر هذا الحادث المؤسف ، على الملك والأخطار التي تعرضت لها ، فإننى أرجوكم أن تنهزوا هذه الفرصة لكي تؤكدوا لجلالته أن حياتى فداء له وللدولة ، وأننى سأكون دائماً على استعداد للتضحية بها لما فيه مصلحته ، إما بتكرار نفس العمل على المادة المفرقة الجديدة ، وهو عمل أومن بأنه ضرورى ، وإما بأية وسيلة أخرى » .

أما التجربة الأخرى فكانت سياسية . ففي عام ١٧٨٩ ، عندما استولى الثوار على باريس ، قررت إدارة المساحيق أن تشحن ١٠,٠٠٠ رطل من البارود الصناعى الردىء إلى خارج المدينة لاستبدال نوع أحسن به . وأزعجت هذه العملية الأهالى ، فأمر لافايت ، وكان مسئولاً عن الذخيرة ، بإعادة الشحنة إلى دار الصناعة . واستدعى الكوميون المحلى المديرين للتحقيق معهم بتهمة الخيانة ، ومع أن نتيجة التحقيق كانت لصالحهم إلا أن صيحة الرأى العام للمطالبة باعتقال لافوازييه لم تخفت إلا بعد عودة شحنة البارود إلى دار الصناعة .

وكان لافوازييه ، مثل توماس جيفرسون ، الذى كان يشبهه من وجوه كثيرة ، شغوفاً جداً بالزراعة . وكان قد ورث عن والده مزرعة فى لابورجيه ، ثم امتلك بعد ذلك بقليل مزرعة كبيرة بالقرب من مدينة أورليان . وكان يزرع فيها بنفسه ٣٧٠ هكتارا ويؤجر ٨٦٥ هكتارا ، وكان من عادته أن يتقضى مواسم البذر والحصاد فى المزرعة ، وأن يمسك حسابات دقيقة للمحاصيل وأثمانها . وسرعان ما قرر المزارع لافوازييه أن كمية المحاصيل ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية السهاد الذى يستخدم فى الحقول . ثم أجرى تقديراً دقيقاً للعلاقة بين كمية الماشية ومساحة المراعى والأرض المنزرعة فى مزرعة مشتركة للرعى والزراعة . وكانت دراساته عن احتياجات المحاصيل المختلفة والماشية عملية جداً وغاية فى النجاح . وأمكنه أن يسجل ، بكل ارتياح ، أنه فى خلال ١٤ عاماً ضاعف إنتاج القمح ووصل بإنتاج الماشية إلى خمسة أمثالها .

وكان لافوازييه يبذل نشاطاً كبيراً فى الجمعية الزراعية فى باريس ، وكذلك فى الإدارة الزراعية ، حيث كان واحداً من ضمن الخمسة أعضاء المؤسسين ومنارها المرشد . وقد مثل الدائرة الثالثة فى برلمان أورليان المحلى حيث كان المحرك الأول لأغلب المناقشات والموضوعات محل البحث . وكانت تقاريره ، التى غلبت على محاضر جلسات البرلمان ، لا تتناول المسائل الزراعية فحسب

بل تناول كذلك موضوعات متعددة مثل المعونة الاجتماعية لليتامى والأرامل ، وخطوات تأسيس بنك للتوفير في أورليان ، وإلغاء السخرة ( التي كانت تستخدم لإصلاح الطرق ) والإصلاحات الضرائبية وإعداد خريطة لمعادن الإقليم ، وإقامة ملاجئ ومشاعل للفقراء . وقد عبر عن عقيدته الاجتماعية في الكلمات التالية « يجب ألا نقصر السعادة على عدد محدود من الناس ، إن السعادة ملك للجميع » . وكان لافوازييه يؤمن بالأرض وأن الثروة تنبع من الأرض وأن الحرية الشخصية من أقدس حقوق الإنسان .

ومع أن لافوازييه كان رائدا في مجال العلوم ، وسياسياً من الأحرار ، واجتماعياً من المصلحين ، إلا أن آراءه عن المال والاقتصاد كانت محافظة، وقد اختير في الجمهورية الجديدة عام ١٧٨٩ لرئاسة بنك الخصومات الذي تحول فيما بعد إلى بنك فرنسا . وقد حذر ، في أحد تقاريره التي تنسم بالوضوح والإدراك العميق ، من خطر التضخم . وبعد ثلاث سنوات قدم لافوازييه تقريراً إلى المجلس الوطن عن الحالة المؤسفة التي وصلت إليها مالية البلاد . ولقد ذكر أحد الخبراء حديثاً أن تقرير لافوازييه وعرضه للموقف آنذاك كان رائعاً . وطبع هذا التقرير بيير دييرن ، وكان صديقاً للافوازييه الذي ساعده مالياً في إنشاء دار للنشر ، كما كان ولده أرينيه مساعداً في مكتبة دار الصناعة أيام كان لافوازييه أحد

مديرها . وعند ما أسس أريزيه ، بعد هجرة أسرة ديبون إلى الولايات المتحدة ، مصانع البارود الضخمة في ديلادير ، أراد أن يطلق عليها مصانع لافوازييه ، ولكن رأى الأسرة استقر في النهاية على تسميتها باسم شركة ديبون دى نيمور .

ويعتبر كتاب لافوازييه الشهير في الاقتصاد السياسى « عن ثروة الأرض في المملكة الفرنسية » من أشهر الكتب في تاريخ الاقتصاد . وكان قد بدأه قبل الثورة ، ولكن المجلس الوطنى اعتبره مفيدا جدا فيما بعد بحيث أمر بطبعه عام ١٧٩١ . وكان من رأى لافوازييه أنه لا يمكن وضع نظام معقول للضرائب إلا على أساس من المعرفة الدقيقة لإنتاج البلاد الزراعى ، ولذلك فقد جمع البيانات من جميع مقاطعات فرنسا . وكانت أرقامه عن الإنتاج والاستهلاك وعدد السكان من أولى الاحصائيات القومية الموثوق بها . ولقد أوصى لافوازييه أن تنشئ فرنسا معهدا لجمع ودراسة كافة البيانات الاقتصادية — سواء في الزراعة أو في الصناعة — وعدد السكان ورأس المال وغيرها .

\* \* \*

وكان لافوازييه ، باعتباره أحد أعضاء اللجنة الاستشارية التي كونتها الحكومة لدراسة الشؤون الهامة للتجارة والمهن ،

قد اقترح نظاما قوميا للتعليم ، وأكد أن تعليم الشعب يعتبر أمرا مفيدا للدولة ، وأن التعليم الحر يجب أن يكون مباحا للجميع بصرف النظر عن الجنس أو الوضع الاجتماعي . واقترح إنشاء أربعة أنواع من المدارس : الابتدائية ، والفنون الأولية ، والمعاهد ، واثنتي عشرة مدرسة قومية عليا في أكبر المدن الفرنسية وعددها اثنتا عشرة مدينة . كما اقترح خلق أربع جمعيات قومية لتطوير العلوم الرياضية والفيزيائية ، والتطبيق التكنيكي للعلوم ، والعلوم السياسية والإنسانية ، والآداب والفنون الجميلة .

ومن الأعمال التي لعب لافوازييه فيها دورا كبيرا تلك المحاولة الفرنسية التي لا يعرفها الكثيرون والمتعلقة بإقامة نظام طموح للتعليم العالي في الولايات المتحدة الوليدة عام ١٧٨٨ . وكانت الروح المحركة لهذا العمل هو ألكسندر ماري كوسني دي بوريير حفيد أحد مشاهير الفلاسفة الفرنسيين ، وكان مهتما بالاقتصاد ، كما كان طبيب القصر . واقترح كوسني إقامة كلية في ريتشموند ، العاصمة الجديدة لفرجينيا ، تأخذ طابعا عالميا . وعينت الأكاديمية الفرنسية لجنة ، كان أحد أعضائها لافوازييه ، لدراسة الموضوع ، ووضع أعضاء اللجنة تقريراً مؤيذاً للفكرة . ويقلب على الظن أن لافوازييه هو الذي كتب التقرير ، خاصة إذا علمنا استعداداه لأخذ مسئولية كتابة التقارير في مثل هذه المسائل .

وقد شيدت فعلا أكاديمية كوسنى فى رينشيموند ، ولكنها لم تبدأ عملها قط وذلك نظرا للتغير الثورى الذى حدث فى فرنسا فى العام التالى . وفى نفس هذا المبنى أقر رسميا دستور الولايات المتحدة . وتحول المبنى فيما بعد إلى مسرح ، احترق عام ١٨١١ ، وأعيد بناؤه ، وما زال يستخدم كنيسة إلى يومنا هذا .

وكان من أول أهداف الثورة الفرنسية — بعد سقوط الملكية — شركة « فيرم جنرال » جاية الضرائب ، والتي اكتسب أعضاؤها كراهية الشعب لهم باعتبارهم من مصاصى الدماء الذين أثروا على حساب الشعب . وأخيراً أغلق المجلس الوطنى هذه الشركة وأمرها بتقديم تقرير عن حساباتها . وأدى تأخير تقديم هذا التقرير إلى إثارة اللجنة الثورية فأمرت فى ١٤ نوفمبر عام ١٧٩٣ بإلقاء القبض على جميع أعضاء الشركة . وعندما سمع لافوازييه بهذا القرار ، اختفى وحاول وقف القرار نظرا لأعماله العلمية القيمة لبلاده . ولكن هذه المحاولات لم تقلح فاضطر إلى تسليم نفسه بعد بضعة أيام .

وسجن أعضاء الشركة فى مكاتب الشركة السابقة حيث أنهموا كتابة تقرير عن الحسابات النهائية فى شهر يناير من عام ١٧٩٤ . وبنيت حساباتهم بوضوح تام أن جامعى الضرائب كانوا يتصرفون طبقاً للقانون .



إلا أن الإرهاب كان قد وصل إلى أقصى مراحل ، ولم يعد هناك مفر أمام أعضاء الشركة ، إذ وجهت إليهم تهمة جديدة ولصقت بهم افتراءات مثل تحصيل فوائد باهظة ، وخطط الدخان بمزيد من الماء ( مما يضر بصحة المدخنين ) ، وأمثال ذلك . وفي ذلك الجو المحموم الذي كان متفشيا في فرنسا لم يجد موجهو الاتهام صعوبة في إصدار قرار بتقديم المتهمين إلى محكمة الثورة . وكان هذا القرار يعنى الحكم بالإعدام .

وفي الساعة الواحدة من صباح ٨ مايو عام ١٧٩٤ سلم كل منهم نسخة تكاد لا تقرأ من التهم الموجهة إليه ، وفي الساعة العاشرة من صباح نفس اليوم استدعوا أمام المحكمة . وهناك قامت مشكلة ، فالمحكمة كانت مختصة فقط بمحاكمة الذين يقومون بنشاط معاد للثورة ، وهو ما لم يتهم به أعضاء الشركة . ولكن رئيس المحكمة جان باتيست كوفيغال ، تغلب على هذه المشكلة بأن طلب من المحلفين أن يسألوا أنفسهم إذا كان قد اتضح لهم أن المتهمين قد اشتركوا في مؤامرة ضد الشعب بأن أتوا أعمالا ضارة ، مثل تموين أعداء الجمهورية بأموال اختفت بشكل غير قانوني من الخزانة ، وهي تهمة لم تذكر في قائمة الاتهام ولم يقيم عليها أى دليل في أثناء المحاكمة .

وأصدر المحلفون قرارا إجماعيا بالإدانة ، وأعدم المتهمون  
بالجيلوتين قبل منتصف الليل .

وهكذا مات عالم فرنسا العظيم . وقال جوزيف لويس لاجرانج ،  
عالم الرياضة الكبير في اليوم التالي : « إن قطع ذلك الرأس قد تم  
في لحظة ، ولكن قرنا آخر قد لا يكفي لكي يظهر رأس آخر  
مماثل . » .



القسم الرابع  
المغناطيسية والكهرباء



## ١ - بنيامين فرانكلين

### بقلم برنارد كوهين

يحتل برنارد كوهين الآن في مكتبة ويديئر بجامعة هارفارد مكان مدرسه وسلفه في كرسى الأستاذية لتاريخ العلوم ، المرحوم جورج سارتون . وتردحم أرفق الغرفة من الأرض إلى السقف بأكبر مجموعة من الكتابات عن تاريخ العلم - كتب ومذكرات ، وكتيبات ، ومخطوطات - وهى مجموعة لا مثيل لها في العالم . ولقد أوردنا في بداية القسم الأول من هذا الكتاب ملخص لتاريخ حياة كوهين .

## ٢ - ميشيل فاراداي

### بقلم هربرت كونيرو

ولد هربرت كونيرو ، عضو هيئة البحوث في موسوعة الشعب الأمريكية ، حيث يدرس تاريخ الفيزياء ، في مدينة نيويورك عام ١٩٢٤ ، ودرس في جامعة فلوريدا ، وحصل على شهادة الماجستير في تاريخ المحاضرات عام ١٩٥١ في جامعة شيكاغو . وفى أثناء الحرب اشتغل فنيا

في الرادار ، كما درس الفيزياء والرياضيات في معهد إلينوى  
 للتكنولوجيا . وهو يتخذ من الإلكترونيات هواية له .  
 وتعلم قراءة الفرنسية والأسبانية والألمانية والسanskritية .  
 وجاءت دراسته لحياة فاراداي نتيجة لبحوثه في تاريخ  
 النظرية النسبية .

## ٢- جوزيف هنري

### بقلم ميتشيل ويلسون

كتب ميتشيل ويلسون علاوة على « عش مع البرق » ،  
 التي جاء ذكرها في صفحة ١٥٣ ، قصتين إحداهما « أخى » ،  
 عدوى » ، وهي مأساة حياة اثنين من المخترعين الأمريكيين ،  
 والأخرى « المحبون » ، وهي مسرحية كتبها تعليقا على  
 مسرحية « كروم. مارتا » .

ويؤمن ويلسون بأن فنون الصناعة ورجالها بمثابة  
 العمود الفقري للحياة الأمريكية الآن ، كما كانت سهول  
 الغرب وجباله في العصور السابقة . وأحدث كتبه هو  
 « العلم والاختراع في أمريكا » ، وهو كتاب تاريخي كبير  
 أنيق أصدرته دار سيمون وشوستر عام ١٩٥٤ .

## ٤- چيمس كلارك ما كسويل

### بفلم چيمس نيومان

فيما بين عام ١٩٤٠ ، عندما أرسل چيمس نيومان كتابه « الرياضيات والخيال » إلى المطبعة ، وعام ١٩٥٦ ، كرس وقته في أعماله الأخرى ، التي جاء ذكرها في بداية القسم الأول ، ودراجعة ما نشر في الرياضيات مبتدئا ببردية رايند ( عام ١٧٠٠ قبل الميلاد ) . وكانت نتيجة جهوده هذه أن أصدر كتابه « عالم الرياضيات » في أربعة مجلدات ثمنها ٢٠ دولاراً ، من دار سيمون وشوستر للنشر عام ١٩٥٦ . وقد عجب أصحاب دار النشر أنفسهم عندما تعدى عدد ما باعوه من هذا الكتاب ١٠٠.٠٠٠ نسخة .





# بنيامين فرانكلين

بقلم : ا. برنارد كوهين

**بالرغم** من أن كل جوانب حياة بنيامين فرانكلين قد تعرضت لدراسة دقيقة فاحصة وناقدة ، إلا أن مكانه من تاريخ العلم ، كما تصفه كتب التاريخ الأمريكي ، مازال مشوهاً . ففي أثناء حياته ، كان فرانكلين معترفاً به بين معاصريه من العلماء باعتباره أحد كبار أئمة العلم في عصره . وأعلن جوزيف بريستلي أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء يجب أن يسلم إلى الأجيال القادمة كتعبير عن المبادئ والنظريات الصحيحة في الكهرباء ، تماماً كما تعتبر فلسفة نيوتن تعبيراً عن النظام بوجه عام . وحاز فرانكلين أسمى أشكال التقدير العلمي من معاصريه . وقام أحد الكتاب بمقارنة كتابات فرانكلين بكتاب نيوتن الشهير « البرنكيبييا أو الاسس » ، وقال : « إن التجارب والملاحظات التي أجراها الدكتور فرانكلين بمثابة قواعد علم الكهرباء ، كما أنها تضع أساساً لنظام بسيط بقدر ما هو عميق » .

وينحو أغلب الكتاب اليوم إما إلى تأكيد اكتشافات فرانكلين

التطبيقية وإما إلى إنكار مكاته بين مؤسسى العلم البحث .  
ومن أمثال ذلك تلك المقالة التى ظهرت حديثاً فى مجلة « العلوم »  
حيث أعلن الكاتب أن السبب الوحيد الذى يدعو أحياناً إلى  
اعتبار فرانكلين من كبار العلماء ووضعه ، من حين لآخر ، بين  
قائمة العظماء الحقيقيين ، مثل ج. ويلارد جيبس و .أ.أ. نيكلسون ،  
هو أنه كان شخصية هامة فى تاريخ أمريكا السيامى .

وتهم أغلب الكتابات التى وضعت عن حياة فرانكلين العلمية  
بالتركيز على العمل الذى يكاد يعرفه الجميع ألا وهو إثباته ، عن  
طريق طائرة من الورق أطلقها فى أثناء عاصفة ، لصحة الفرض  
القائل بأن البرق عبارة عن شرارة كهربية . وقد يصل البعض إلى  
حد إنكار حقه فى هذا العمل الرائع الممتاز ، فقد جاء فى مقالة  
ياحدى المجلات العلمية المعروفة أن قصة الطائرة والبرق إنما هى من  
نسج خيال مؤلفى الأساطير ، وهذا بالرغم من أن فرانكلين كان  
قد نشر هذه التجربة ، التى أعاد تجربتها غيره من العلماء ، فى أكبر  
مجلة علمية فى ذلك الوقت .

ولكن ، دعونا نفس أمر هذه الطائرة ، فلم تكن بذات أهمية  
كبرى فى حياة فرانكلين ، كما أنها لم تكن أول تجربة يضع  
تصميمها لإثبات الطبيعة الكهربائية لشرارة البرق ، إلى جانب أن



هذه التجربة لم تكن الأولى التي أثبتت صحة هذا الفرض ، وهذا الفرض نفسه لم يكن من وضع فرانكلين . إن مكانة بنيامين فرانكلين في تاريخ العلم تستند إلى أسس أقوى وأمن ، ومن بين هذه الأسس ذلك السجل الكبير والحشدهائل من الحقائق الجديدة عن الطبيعة التي كشف عنها بمهارته الفائقة في تصميم وتنفيذ التجارب ، بالإضافة إلى نبوغه في إقامة صرح أول نظرية متكاملة موحدة عن الفعل الكهربى . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن نجاحه الفائق قد أعطى فن إجراء التجارب مكانة جديدة كان في أشد الحاجة إليها في القرن الثامن عشر . كما أن النظريات الكهربائية التي جاءت في كتابه ، تجارب وملاحظات عن الكهرباء أجريت في فيلادلفيا بأمريكا ، مازالت جزءاً من نسيج النظريات الكهربائية في الوقت الحاضر . إننا نكرم دون أن ندرى ، بنيامين فرانكلين عندما نذكر كلمات « موجب ، و « زائد ، أو « سالب ، و « ناقص ، وبطارية كهربية ، وغيرها من المصطلحات التي كان فرانكلين أول من استخدمها في الظواهر الكهربائية .

ويعتبر كتاب فرانكلين عن الكهرباء من أهم الكتب العلمية التي أعيد طبعها في منتصف القرن الثامن عشر . فقد ظهرت له خمس طبعات بالإنجليزية وثلاث بالفرنسية وواحدة بالإيطالية وواحدة

بالألمانية . وكانت سمعة فرانكلين العلمية من العظمة بحيث انتخب زميلا في الجمعية الملكية ومنح فيها ميدالية كويل لتجاربه على الكهرباء . وفي عام ١٧٧٣ انتخب واحدا من ثمانية من « الأعضاء الأجانب » في أكاديمية العلوم الملكية في باريس . وعندما كانت الأعمال العلمية تنال تقديراً أكبر مما تناله في وقتنا الحاضر ، كان كتاب فرانكلين يدرس على نطاق واسع وكان اسمه على كل لسان . بدأ اهتمام فرانكلين بموضوع علم الكهرباء حوالي عام ١٧٤٤ ، وفيما بين عامي ١٧٤٧ ، ١٧٥١ توصل إلى أهم كشوفه ، وبدأ يكتسب سمعته ومكانته العلمية . وعلى عكس القاعدة العامة التي تقول إن أعظم الكشوف في علم الفيزياء قام بها رجال في العقد الثالث أو الرابع من حياتهم ، نرى فرانكلين قد بدأ حياته العلمية في سن الأربعين ؛ وكان قبل ذلك مشغولاً في كسب قوته ، بما لم يدع له وقتاً كافياً للأعمال العلمية . ولما نجح في الشؤون المالية ووجد أن البحث عن الحقيقة يتفق وميوله ومواهبه قرر ، كما جاء في مذكراته ، أن يوقف أعماله وأن يقضي وقته في إجراء التجارب . وما كاد يترك أعماله حتى اجتاحت الوطن أزمة كبرى ، فترك بحوثه العلمية جانبا لكي يشترك في الدفاع عن فيلادلفيا . ومنذ ذلك الوقت ، وإلى أن مات ، لم يكن يجرى تجاربه العلمية إلا في أوقات فراغه . ولم يكف قط عن خدمة مدينته ووطنه . وعندما بلغ

من العمر ٨١ عاماً ، وبعد انتهاء عمله في باريس ، وكان يستعد للعودة إلى وطنه أمريكا ، كتب فرانكلين إلى أعز صديق عالم كان يرأسه وهو الطبيب الهولاندى جان انجن هاوس ، بأنه قد أصبح مرة أخرى رجلاً حراً « بعد خمسين عاماً قضيتها في الشئون العامة » . وكان يرجو أن يذهب معه صديقه إلى أمريكا حيث « يمكننا ، فيما تبقى لى من العمر ، أن نجرى معاً الكثير من التجارب » . ولكنه ، للأسف ، لم يستطع تحقيق هذا الأمل ، فلم تكن الأيام التى تنتظره هى أيام السعادة فى استجلاء الطبيعة ، ولكن أيام الإجهاد والتعب فى وضع الدستور . وقبل ذلك بوقت طويل كان أمام فرانكلين أن يختار أحد طريقين ، إما طريق الفيلسوف الهادى وإما « الرجل الذى يعمل فى الشئون العامة » . ولم يتردد فرانكلين فى اختيار مصيره وقال : « لو كان نيوتن قائداً لمركب واحد لما بررت له أبدع كشوفه ترك دقة القيادة فى ساعة خطر واحدة ، فإياكم بمصير الكومونويلث كله » .

وإننا إذ نقرأ هذه السطور اليوم لا يسعنا إلا أن نذكر علماءنا الذين تركوا أبحاثهم الخاصة فى أثناء الحرب الأخيرة لكي يخدموا وطنهم . ولكن هناك فارقا جوهريا بين الحالتين ، ذلك أن فرانكلين كان العالم الأمريكى المشهور الوحيد ، بل العالم الوحيد ذا السمعة العالمية ، ومع ذلك فقد رأى أنه يستطيع تقديم خدمة أكبر لبلاده

بالسفر إلى الخارج للدفاع عن حقوقها ، أكثر مما لو طبق خبرته العلمية في تصميم أجهزة جديدة للتدمير . ومع ذلك فقد كانت مكانة فرانكلين العلمية من العظمة — وهو الذى يلقب بـ « بنيتون عصره » — لدرجة أن البعض قد ظن أن الرجل الذى تمكن من تسخير البرق سوف يستخدم مواهبه لصنع سلاح رهيب جديد . وكتب هوراس والبول عام ١٧٧٧ يقول « إن الفلاسفة الطبيعيين يعتقدون أن الدكتور فرانكلين قد اخترع آلة في حجم علبة الثقاب ومواد يمكنها أن تحيل كاندراية سانت پول إلى حفنة من الرماد » .

لقد تناولت الأعمال العلمية التى أنجزها بنيامين فرانكلين ميادين مختلفة ، منها دراسات تعتبر الأولى من نوعها فى التوصيل الحرارى ، ونشأة العواصف ، وغيرها . إلا أن أكبر أعماله كانت فى الكهرباء . ولقد اهتم بالكهرباء الإستاتيكية ، وهو علم الكهرباء الساكنة أو التى تتحرك فى اتفاضات سريعة مفاجئة . وكانت الحقائق المعروفة عن هذا الموضوع ، قبل فرانكلين ، ضئيلة ولم تكن تفسيراتها مرضية . وعندما ترك هذا الميدان ، كان السجل حافلاً بمجموعة من البيانات والملاحظات الجديدة . ولقد قامت نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بجمع هذه الحقائق وربطها ، وبذلك مهدت الطريق أمام مزيد من التقدم فى المستقبل .



إن نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بسيطة ومباشرة ،  
وتقوم على فكرة رئيسية وهى أنه توجد « مادة مشتركة » تتكون منها  
الأجسام ، هى « المادة الكهربائية » ، أو إذا استخدمنا مصطلحات  
القرن الثامن عشرة « السائل الكهربى » ، أو « النار الكهربائية » .  
وتحتوى جميع الأجسام فى الحالة العادية على كمية ثابتة من السائل  
الكهربى . ولكن جسمًا ما ، تحت ظروف معينة ، قد يكتسب مزيدًا  
من السائل الكهربى أو يفقد بعضًا من رصيده منه . وفى هذه الحالة  
« يتكهرب » الجسم أو « يشحن » فى الحالة الأولى ، عندما يكون  
بالجسم فائض من السائل الكهربى ، يطلق فرانكلين على الشحنة اسم  
« موجب » أو « زائد » ، وذلك دليل على أن شيئًا قد أضيف إليها ؛  
وفى الحالة الثانية ، يطلق عليها اسم « سالب » أو « ناقص » ، لكونه  
على أن شيئًا قد فقد . وعندما ندلك قضيبًا من الزجاج بقطعة من قماش  
الحرير ، فإن الزجاج يكتسب مزيدًا من السائل الكهربى وتصبح  
شحنته زائدة أو موجبة . وأكد فرانكلين أن الكهرباء لم تخلق  
بالاحتكاك ، كما كان يعتقد كثير من معاصريه ، ولكنها فى الواقع  
أعيد توزيعها بعملية الدلك . فإذا اكتسب الزجاج مزيدًا من السائل  
فلا بد أن يفقد الحرير نفس الكمية ، وبذلك يكتسب شحنة سالبة  
بنفس المقدار . ونحن اليوم نطلق على هذا اسم « قانون عدم  
فناء الشحنة » .



ولقد أوضح فرانكلين نظريته وشرحها بالتجربة التالية .  
أجلس رجلين على مقعدين زجاجيين منعزلين وشحن أحد الرجلين  
بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة . وعندما تلامست أيدي  
الرجلين ، فقد كل منهما شحنته . لأن الفائض من شحنة أحدهما  
عوض النقص في شحنة الآخر . فإذا لمس رجل ثالث أى من الرجلين  
المشحونين انبعثت شرارة كهربائية وأصيب بصدمة لأنه كان لديه  
كمية من السائل الكهربائي أكبر نسبياً من الرجل ذي الشحنة السالبة  
وأقل من الرجل ذي الشحنة الموجبة .

وكانت هذه التجربة إثباتاً بسيطاً دراماتيكياً لفكرة فرانكلين  
القائلة بأن الكهرباء عبارة عن سائل واحد . ومنذ بضع سنوات  
فقط كتب ج . ج . تومسون ، الذي كشف عن الخواص الأساسية  
للإلكترونات المتحركة ، يقول : « من العسير أن ننكر أو نقلل  
من قدر الخدمة التي أدتها نظرية السائل الواحد لفرانكلين لعلم  
الكهرباء ، وذلك لأنها وجهت البحوث ونسقتها » .

ولكي ندرك أهمية نظرية فرانكلين في التطبيق ، سوف نذكر  
بمجموعتين من تجاربه كان لهما مغزى خاص . الأولى تبدأ بإحدى  
الحقائق العديدة التي اكتشفها فرانكلين في مبدأ الأمر والتي تعتبر  
الآن إحدى حقائق العلم الأساسية وهي « التأثير العجيب للأجسام

المديية فيما يتعلق « بسحب » و « إطلاق » النار الكهربية . فقد وجد فرانكلين أنه إذا وضع جسماً مديياً مثل الإبرة بالقرب من جسم مشحون ومعزول ، فإن الإبرة تسحب الشحنة من الجسم ، ولكنها لا تفعل ذلك إلا إذا كانت متصلة بالأرض ، أى إذا كانت متصلة باليد أو متصلة بسلك واصل إلى الأرض ، أما إذا غرزت الإبرة فى الشمع أو جسم عازل فإنها لا تسحب الشحنة الكهربية . وقد وجد أيضاً أننا إذا حاولنا شحن جسم معدنى ذى طرف مسنن أو مدبب فإن الجسم « يطلق الشحنة » بنفس السرعة التى يكتسبها . وكشف أيضاً أن الجسم المشحون يفقد شحنته إذا نخلنا فوق سطحه رملاً ناعماً ، أو إذا تنفسنا فوقه ، أو إذا أحرقنا شمعاً بالقرب منه أو إذا أخطناه بالدخان .

• • •

ظن كثير من الناس ، قبل أن يجرى فرانكلين بحوثه بحوالى خمسين عاماً ، أن البرق له ، فى الغالب ، طبيعة كهربية ، ولكن ما يميز فرانكلين عن سبقوه هو أنه تمكن من تصميم تجربة لاختبار صحة هذا الفرض . صنع نموذجاً صغيراً يوضح كيف أن شرارة كهربية قد تنطلق بين سحابتين مشحوتين أو بين سحابة والأرض . ثم إنه طالما يمكن لموصل مدبب صغير أن يسحب

الشحنة الكهربائية من جسم عازل ومشحون في المعمل ، فإنه من الممكن جداً الموصل مدبب كبير قائم على الأرض أن يسحب الكهرباء من إحدى السحب المارة في السماء . وقد أوحى هذا لعقله الفشط أن « هذه المعرفة لقوة هذه الأطراف قد تكون ذات فائدة للإنسان ، في حفظ المنازل والكنائس والبواخر وغيرها من ضربة البرق ، وذلك بأن نقيم ، فوق أعلى جزء من هذه المباني قضباناً من الحديد حادة كالأبر ، ومطوية لمنع الصدأ ، وتربط بأسفلها سلكاً يصل خارج البناء إلى الأرض أو ينزل حول أحد أبراج السفينة حتى يلامس الماء .

وصف فرانكلين التجربة التي اقترح إجرائها لاختبار صحة فرضه في الكلمات التالية : « فوق قمة برج عال ضع نوعاً من أكشاك الحراسة . . . من الكبير بحيث يتسع لرجل وحامل كهربى . ومن منتصف الحامل مرر قضيباً حديدياً ثم اثنه خارج باب الأكشاك لكي يصل قائماً إلى ارتفاع ٢٠ أو ٣٠ قدماً وبحيث يكون مديباً جداً في طرفه الأعلى . فإذا بقى الحامل الكهربى نظيفاً وجافاً فإن الرجل الواقف فوقه ، عندما تمر مثل هذه السحب المنخفضة ، قد يشحن بالكهرباء وتنبعث منه شرارات كهربية ، إذ يسحب له القضيبة النار (الكهربية) من السحابة . فإذا خفنا أن يتعرض الرجل

للخطر (ولو أنى أعتقد أن ذلك لن يحدث) فلندعه يقف فوق أرضية الكشك، ثم نلف حول القضيب من آن لآخر حلقة من السلك يتصل أحد طرفيها بالأسلاك الكهربائية ويمسك الرجل بالطرف الآخر عن طريق مقبض من الشمع، بحيث تمر الحرارة إذا تكرب القضيب منه مباشرة إلى السلك ولا تؤثر في الرجل .

وكان أول من أجرى تجربة «كشك الحراسة» الشهيرة رجل يدعى داليبار في فرنسا في العاشر من شهر مايو عام ١٧٥٢ ، وكان قد ترجم كتاب فرانكلين إلى الفرنسية بناء على رغبة العالم الطبيعي جورج دى بوفون ( وقد أعجب الملك لويس الخامس عشر بكتاب فرانكلين للدرجة أنه أمر أن تجرى بعض التجارب التي جاء ذكرها في الكتاب أمامه ) . ثم أعيدت هذه التجربة في إنجلترا بعد ذلك بقليل . ثم ازداد عدد الناس الذين أثبتوا صحة فرض عالم مدينة فيلادلفيا . وقام أحد رجال الصناعة البريطانية بالإعلان عن بيع آلة جاهزة « لإجراء التجربة التي أثبتت صحة نظرية فرانكلين الجديدة عن البرق » . ولم يجرب فرانكلين التجربة بنفسه لأنه كان يعتقد أنه لا بد من بناء مرتفع لإجراءها فوّه وكان ينظر الانتهاء من بناء البرج العالي فوق كنيسة المسيح في فيلادلفيا . وبعد أن طبع الكتاب ، ولكن قبل أن تصل أنباء نجاح تجربة داليبار

في أوروبا. فكر في مشروع الطائرة الورق كبديل للبناء للعالمى  
ثم أجرى التجربة عليها .

• • •

وضع فرانكلين تصميم تجارب وأجهزة أخرى لاختبار شحنة  
السحب ، وكان من أطفها ذلك الزوج من الأجراس الذى وضعه  
في مكتبه ، وأوصل أحد الجرسين بسلك إلى الأرض والآخر  
بقضيب موضوع فوق السطح ، وعلق كرة بين الجرسين ، فإذا  
مرت سحابة مشحونة بالكهرباء فوق المنزل فإن الكرة تتحرك  
وتضرب الجرسين . ولقد أوضحت دراسات فرانكلين الدقيقة  
أن السحب قد تحمل شحنات موجبة أو سالبة ، واستنتج من ذلك  
أن البرق يمر من الأرض إلى السحاب بقدر ما يمر من السحاب  
إلى الأرض . ولم تتأيد صحة هذه النظرية إلا في وقتنا الحاضر  
بواسطة البحوث التى قام بها ب . ج . ف . شونلاند ومساعدوه  
في جنوب إفريقيا .

واكسبت هذه الدراسات للبرق أو ذلك الاختراع للقضيب  
المانع للصواعق ، فرانكلين شهرة عالمية ، ولكن العلماء المعاصرين  
له كانوا أشد إعجابا بتحليله للكثف الكهربى ، وهو العمل الذى  
توج شهرته العلمية .

وكان المكشف ، بالشكل الذى عرف به فى القرن الثامن عشر ،  
 عبارة عن وعاء زجاجى تغلفه من الخارج صفيحة معدنية وملوء  
 بكرات معدنية صغيرة أو الماء أو صفيحة معدنية . والوعاء مغطى  
 بغطاء خشبى يمر منه قضيب فى طرفه الأعلى كرة ومعلق من طرفه  
 الأسفل سلسلة معدنية تنغمس فى الماء أو الكرات المعدنية . وكان  
 يسمى هذا الجهاز ، الذى اخترع عام ١٧٤٠ ، « وعاء لايدن » ،  
 لأن أحد الذين اكتشفوه ، كان بيفرفان موشنبروك الأستاذ  
 فى لايدن . والصفة الرئيسية للمكشف هى أنه عبارة عن عازل  
 ( مثل الهواء أو الزجاج أو الشمع أو الورق ) بين سطحين موصلين  
 متصلين اتصالاً وثيقاً بالعازل . وفى أول وعاء لايدن كان الموصل  
 الداخلى هو الماء والعازل هو الزجاج والموصل الخارجى هو يد أحد  
 الرجال . وقد طور موشنبروك هذا الوعاء بينما كان يجرى  
 بعض التجارب على آلة كهربية تشحن كرة زجاجية تدور ،  
 وذلك بدلكها فى يد الشخص الذى يقوم بالتجربة . وكان ينقل  
 الشحنة إلى ماسورة بندقية معلق فى طرفها سلك منغمس جزئياً  
 فى وعاء زجاجى مستدير ملىء بالماء . وعندما أمسك موشنبروك  
 بالوعاء فى يده اليمنى وحاول أن يسحب شرارة كهربية من ماسورة  
 البندقية بيده اليسرى « أصيبت بشدة لدرجة أن كل جسمى قد اهتز  
 كما لو كان قد صعق ، واعتقدت أننى انتهيت » .

وكان المكشف جهازا رائعا ، وبجعله أكبر وأكبر في الحجم ، كان من الممكن الحصول منه على صدمات كهربائية أشد وأقوى . ومن الجلى أن الكهرباء كانت تترام فيه بشكل أو بآخر . وكان من الممكن ، لسبب غير معروف بالدقة ، ونتيجة تركيبه الخاص ، أن تترام فيه كمية من الكهرباء تفوق الكمية التي يمكن أن تترام في أى شيء آخر يماثله في الحجم . وكان الاعتقاد السائد ، وقتئذ ، أن السائل أو السوائل الكهربية ، تتكشف بداخله . كتب موسشبروك خطابا وصف فيه تجربته ونشر هذا الخطاب في « مذكرات » أكاديمية العلوم الفرنسية ، وأنهى خطابه بالتصريح المشهور وهو أنه لن يتلقى أبدا مثل هذه الصدمة حتى ولو نال في سبيل ذلك ملك فرنسا . وأدى ذلك إلى أن ينقده بريستلى علنا ويطلق عليه اسم « الأستاذ الجبان » . ويقارن بينه وبين « مستربوز الشجاع » ، الذى نادى بفلسفة بطولية جديدة بإميدوقليس الشهير ، وكان قد عبر عن استعداده لأن يموت بالصعقة الكهربية ، مقدما بذلك مادة لمقالة في مذكرات أكاديمية العلوم الفرنسية . ثم أشار بريستلى إلى شخص يدعى ريتشان ، كان قد قتل في أثناء إجراء تجربة فرانكلين عن كشك الحراسة ، وعلق على ذلك قائلا : « ليس من نصيب كل كهربائى أن يموت ميتة

ريتشمان التي استحق أن يحسد عليها .

\* \* \*

وكان جميع علماء الكهرباء في أوروبا يعجبون ويتساءلون عن الطريقة التي يعمل بها وعاء لايدن . كتب بريستلي : « إن كل شخص شغوف بأن يرى ، بل وأن يلمس التجربة ، رغم الحادث الفظيع الذي وقع » . وقد أرضى الجهاز الجديد شغف البلاط الفرنسي بالعلم ووجه للمظاهر ، وجعل مائة وثمانين جندياً من جنود الحرس يقفزون في الهواء بدقة فاقت دقة جنود الحرس في القيام بأية مناورات . وأمسك سبعائة من رهبان باريس أيدي بعضهم البعض ثم أفرغت شحنة وعاء لايدن فيهم فقفزوا في الهواء بتوقيت دقيق فاق دقة أحسن راقصي الباليه . وتكونت فرق للعروض الكهربائية وجالت في أنحاء العالم تجمع الثروات .

ولقد أوضحت الدراسات الدقيقة لموضوع المكثف الذي دار حوله جدل كثير ، أن فرانكلين كان أستاذاً قديراً في فن إجراء التجارب العلمية ، إذ أثبت أن شحنة الموصل الداخلي تكون دائماً عكس شحنة الموصل الخارجي وأن الشحنتين متساويتان في الكمية ، أى أنه عند شحن الوعاء يكتسب أحد الموصلين نفس كمية و السائل الكهربى ، التي يفقدها الآخر . وكتب في هذا الصدد :



« وفي الحقيقة أن الوعاء (لايدن) لا يحتوى كمية أكبر من النار الكهربية بعد شحنه ، ولا كمية أقل بعد تفريغ الشحنة ، . ولكي يبرهن على قوله هذا ثبت سلكاً في الغطاء المعدنى الخارجى لوعاء لايدن ووضعه بحيث يكون قريباً من الكرة المتصلة بالماء داخل الوعاء ، ولكنه ليس من القرب بحيث يولد شرارة عندما يشحن الإناء . ثم وضع الوعاء على حامل عازل عبارة عن قطعة من الشمع وعلق قطعة من الفلين فى خيط بين السلك والكرة . ولاحظ أن قطعة الفلين « تتراقص بدون توقف من طرف إلى الآخر ، إلى أن يفقد الوعاء ما به من كهرباء ، . أى أن قطعة الفلين كانت تنقل الشحنة من الموصل الموجب إلى الموصل السالب حتى عاد التعادل بينهما .

وقد أوضح فرانكلين أن أهم شيء هو « أن قوة الزجاجة وقدرتها على إعطاء صدمة كهربية ، تكمن فى الزجاج نفسه ، ولكن كيف يمكنك ، أيها القارىء ، أن تثبت أين « تكمن قوة الوعاء » . إن كل تلميذ يعلم اليوم أن الأسلوب الوحيد لذلك هو اختبار كل جزء من الجهاز على حدة ، ومعرفة الدور الذى يؤديه . ولكن من الواضح أن هذه القاعدة البسيطة لم تكن تعتبر أمراً بديهياً فى أيام فرانكلين ، وذلك نظراً لفشل معاصريه فى القيام بهذا النوع من التحليل الذى اتبعه فرانكلين لدراسة هذا الموضوع .

لقد شحن فرانكلين وعاء لايدن موضوعا فوق زجاج  
ثم سحب بجذر قطعة الفلين والسلك الساقط منها في الماء ثم أمسك  
بالوعاء في إحدى يديه وقرب اليد الأخرى من فوهة الوعاء .  
« فخرجت من الماء شرارة كبيرة ، وكانت الصدمة عنيفة كما لو كان  
السلك مازال مغموسا في الماء مما أثبت أن القوة لا تكمن في السلك » .  
فإذا لم تكن القوة في السلك فلعلها تكون في الماء ذاته . وأعاد  
فرانكلين شحن وعاء لايدن ثم أعاد سحب قطعة الفلين ، كما فعل  
في المرة السابقة ، ثم سكب الماء بجذر في وعاء لايدن آخر فارغ  
موضوع على مثل الوعاء الأول فوق جسم زجاجي عازل . ولكن  
الوعاء الثاني لم يكتسب أية شحنة بعد هذه العملية . وكتب  
فرانكلين : « فاستنتجنا من ذلك أن [ الشحنة أو القوة ] إما أن  
تكون قد فقدت في أثناء صب الماء وإما أنها بقيت في الوعاء الأول .  
وقد وجدنا الاحتمال الأخير هو الصحيح ، وذلك لأن الوعاء  
الأول أعطى صدمة كهربية حتى بعد أن ملئ وهو في وضعه فوق  
العازل بكمية من الماء غير المكهرب من إناء الشاي » .

ومن هذا يتضح أن العنصر الرئيسي هو الزجاج أو العازل  
الموجود بين الموصلين في وعاء لايدن . ولكن بقي إثبات ما إذا  
كان « الزجاج يمتلك هذه الخاصية باعتباره مجرد زجاج ، أم أن  
[ الوعاء ] قد أسهم في هذا الأمر » .

وكان القسم التالى من التجربة هو اختراع المكثف  
ذى اللوحين المتوازيين ، فقد وضع فرانكلين قطعة كبيرة من الزجاج  
بين لوحين مربعين من الرصاص متساويين فى المساحة ولكنهما  
أصغر قليلا من مساحة الزجاج . وعندما شحن هذا المكثف  
أزال فرانكلين لوحى الرصاص اللذين كان عليهما كمية صغيرة  
من الشحنة ، ولاحظ أنه يمكن توليد شرارة كهربية فى الزجاج  
من أية نقطة يلمس فيها . وعندما أعيد لوحا الرصاص الخاليان  
تقريباً من الشحنة إلى موضعهما على جانبي الزجاج ، ثم وصلا  
بسلك و تولدت شرارة عنيفة . وعندما تجرى هذه التجربة اليوم -  
أمام التلاميذ فإنها تسمى « تجربة المكثف ذى الأجزاء المنفصلة » .  
وتفسر بأن العازل - أو الزجاج - قد استقطب فى أثناء شحنه ،  
أى أنه صار مكهربا . وهناك بعض أنواع من الشمع يمكن أن  
تستقطب بهذا الشكل بمجرد تسخينها ثم إعادة تبريدها . ومثل هذا  
الجسم المكهرب إما أن يعطى من نفسه كمية ضئيلة من الشحنة  
وإما لا يعطى أية شحنة على الإطلاق ، ولكن إذا وضعنا موصلين  
على جانبيه ، فإننا نحصل على مكثف مشحون يمكن تفريغ شحنته  
كأى مكثف آخر . وهناك حقيقة أخرى اكتشفها فرانكلين  
وتدرس للطلبة اليوم ، وهى أن الصدمة الكهربائية التى يعطيها

المكشّف ذو العازل الرفيع أكبر من الشحنة التي يعطيها المكشّف ذو العازل السميك .

وكانت تجربة فرانكلين عن قطعة الفلين المتأرجحة بين الموصلين تحمل في طياتها بذرة فكرة عظيمة لم يدركها فرانكلين ذاته ، فنحن نعلم اليوم أن المكشّف لا يفقد شحنته دفعة واحدة ، ولكن في سلسلة متتالية من الذبذبات ، وهي حقيقة في غاية الأهمية بالنسبة لعلم اللاسلكي وعلم الإلكترونيات الحديث .

ولقد سجلت تجارب فرانكلين الفريدة ونظرياته الرائعة بدء عهد جديد في علم الكهرباء ، فقد اكتشف ما يعرف اليوم باسم تأثير فاراداي ، وهو أن الشحنة التي على جسم أسطواني ( أو كرة فارغة ) تكون على سطحها الخارجى فقط . ولم يستطع في مبدأ الأمر تفسير هذه الظاهرة . ولكن جاءه الجواب فيما بعد وهو أن « السائل الكهربى يتنافر ذاتيا ، وأن تناسق الموصل يؤدي إلى أن يوزع السائل نفسه على السطح الخارجى . ومن هذا التفسير ، توصل جوزيف بريستلى صديق فرانكلين إلى أن قانون الفعل الكهربى لابد أن يتبع قانون التوزيع العكسى تماما مثل قانون الجاذبية . ومع أن هذا الاستنتاج كان قد نشر إلا أن أحدا لم ينتبه إليه وبقي مجهولا لى يعيد تشارلس كولوم اكتشافه بعد عشرات

السينين ولكي يطلق عليه اسم « قانون كولوم » .

غير أن هناك مزية أخرى لنظرية فرانكلين ، وهى سهولة إجراء القياسات ، إذ ركزت الانتباه على كمية « السائل الكهربى » أو الشحنة التى يكتسبها أو يفقدها الجسم . وعند إجراء تجربة على جسمين فإنه لا يهم أى الجسمين يستخدم لأن قانون عدم فناء الشحنة لفرانكلين يعنى أن كمية الشحنة التى يكتسبها أحد الجسمين تساوى كمية الشحنة التى يفقدها الآخر . وقد بنى علماء الكهرباء الذين كانوا أول من أجرى قياسات الكمية الكهربائية — من أمثال فولتا وبنيت وكاتون وكافنديش وهينلى — بنوا هذه القياسات على نظرية فرانكلين عن السائل الواحد وعلى قانون عدم فناء الشحنة المستمد من هذه النظرية .

\* \* \*

وكثيراً ما يقال إن فرانكلين كان أمريكياً تماماً فى معالجته للعلم ، أى أنه يهتم أساساً ، إن لم يكن كاية ، بالاستفادة من تطبيقاته . وصحيح أنه عندما كشف أثر الموصلات المديدة المتصلة بالأرض ، طبق هذا الكشف فى اختراع مانعة الصواعق ، ولكنه لم يكشف هذه الحقائق لكي يبتكر مانعة الصواعق . والواقع أن اختراعات فرانكلين كانت من نوعين ، أحدهما لمجرد التطبيق ، مثل اختراعه

للزجاج ذى البورتين ، والذي لم يكن يحتاج إلى معرفة عميقة  
للنظريات الضوئية ، وكذلك اختراعه جهازاً لإحضار الكتب  
من الأرفف دون الوقوف فوق أحد الكراسى . ومن الناحية  
الأخرى فإن اختراع مانعة الصواعق تطور عن طريق البحث  
العلمي الحديث . ولو كان فرانكلين قد اقتصر على معالجة العلم بشكل  
تطبيق وانتفاعى لكان من المشكوك فيه أن يدرس موضوع  
الكهرباء على الإطلاق ، ففي القرن الثامن عشر لم يكن هناك سوى  
تطبيق عملي واحد للكهرباء ، ألا وهو استخدام الصدمات الكهربائية  
فى العلاج ، وبالذات فى علاج الشلل . ( ومع العلم بأن فرانكلين  
قد اشترك أحياناً فى مثل هذا العلاج إلا أنه لم يكن يؤمن أن الصدمة  
نفسها كانت تسبب علاج المريض بالشلل ، ولكن بصيرته النفاذة ،  
والممامه بعلم النفس ، جعله يدرك أن حالات الشفاء إنما تتم لرغبة  
المريض فى الشفاء أكثر منها بسبب مرور السائل الكهربى ) .  
لقد درس فرانكلين الطبيعة رغبة منه فى استجلاء أسرارها ،  
واختار علم الكهرباء الإستاتيكية لأن المصادفة جلبت له الأجهزة  
التي يمكنه بواسطتها دراسة هذا الموضوع ، ولأنه سرعان ما أدرك  
أن هذه الدراسات تتفق وميوله ومواهبه .

جاء فى نهاية إحدى رسائله العبارات التالية المليئة بالتواضع  
التي يجدر أن يتخذها المشتغلون فى البحث العلمى نبراساً لهم :

« إن كثيراً من هذه الأفكار ، ياصديق العزيز ، جثة وفيها تسرع ، ولو كنت طموحاً لا اكتساب الشهرة في الفلسفة ( يعنى الفلسفة الطبيعية ، أو العلوم ) لوجب على أن أحفظ بهذه الأفكار لنفسى حتى أصبحها بمرور الزمن وبإجراء مزيد من التجارب . ولكن لما كانت الإشارات العابرة والتجارب الناقصة في أى فرع جديد للعلم تؤدي ، عند تناقلها ، إلى نتائج وآثار طيبة ، وذلك بإثارة شغف التالبيين إلى الموضوع . . فإنك في حل من إطلاع من تحب على هذه الرسالة . وإننى أفضل أن تزداد المعرفة عن أن يقال إن صديقك فيلسوف دقيق ، .

وباكشاف الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات تساءل كثير من كتاب هذا العصر عما إذا كانت نظرية فرانكلين عن السائل الواحد أقرب للمفهوم الحديث للكهرباء أم نظرية معاصريه عن السائلين ، وفي رأي أن هذه المناظرات لا معنى لها وأن هذا الجدل لا قيمة له ، فإن أهمية الأعمال التي أداها فرانكلين لعلم الكهرباء لا تكمن في درجة شبهة هذه النظريات الحديثة ، ولكنها تكمن في تأثير بحوثه على فتح الطريق الذي أدى بنا إلى التوصل للنظريات الحديثة .

وفي الوقت الذي قام فيه فرانكلين بدراساته ، كان العلم واقعاً تحت تأثير إسحاق نيوتن ، الذي أوضح تعاليمه ونظرياته أن حركة

العالم يمكن تفسيرها بوساطة قوانين رياضية بسيطة . وقد أقنع نيوتن كل الناس تقريرا بأن الرياضيات والقوانين الرياضية هي الحل الوحيد والمفتاح لفهم الطبيعة . غير أن كثيرا من الناس نسوا أن تطبيق التحليل الرياضى على حركة الأجرام السماوية وفوق الأرض صار ميسورا لأن الحقائق كانت قد جمعت وصنفت ، وكانت فى حالة يمكن لعبقريته الفذة أن تصنع منها أعظم تخليقات العصر العلمى الحديث . أما بالنسبة للضوء ، فإن نيوتن لم يصنع ما صنعه فى علم الميكانيكا ، كما لم يستطع أن يضع كشفه « الكمية أو النوعية » فى قالب قوانين رياضية عامة . كان نيوتن فى علم الضوء أحد الجهابذة الذين وقف على أكتافهم بعض المخلقين من خلفوه . وعلى العكس من كتاب « البرنكييا » الذى وضع له نيوتن الشعار التالى : « أنا لا أضع فروضا » ، فإن كتابه « البصريات » يحتوى على مجموعة طويلة من « التساؤلات » التى ناقش فيها التفسيرات المحتملة لمشاهداته . وهذه تشبه تخمينات فرانكلين عن الظواهر الكهربائية . فى عصر فرانكلين لم تكن حالة علم الكهرباء تسمح بوضع تفسير رياضى شامل ، تماما كما كانت حالة علم الضوء فى عصر نيوتن ، وكان العلم فى حاجة إلى جهابذة يقومون بالكشف عن حقائق الشحنة ، والتوصيل ، والتوصيل الأرضى ، والعزل وتأثير شكل الموصلات ، وغيرها ؛ جهابذة يصنعون نظرية قابلة



لتفسير هذه الظواهر وتوحيدها بحيث تجذب الانتباه إلى العناصر الرئيسية التي يمكن قياسها . ولقد مهد نجاح فرانكلين الطريق أمام نظريات القرن التاسع عشر الرياضية .

ولكن الأهم من ذلك ، أن تمكنه من فن إجراء التجارب ، وتفسيراته الناجحة المتناسكة التي عبر عنها في عبارات فيزيائية ومفاهيم بسيطة ، والحقائق الكثيرة الجديدة التي كشف عنها النقاب ، أعطت علم التجربة شرفاً جديداً في أعين معاصريه في القرن الثامن عشر . كتب الفيلسوف الفرنسي ديدرو ، في رسالة عن تفسير الطبيعة ، أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء ، مثل أعمال الكيميائيين ، يمكن أن تعلم الإنسان طبيعة فن التجربة وأسلوب استخدام التجارب في البحوث لكشف النقاب عن الطبيعة دون مضاعفة خباياها .

وبمثل هذا الفهم ، آمن معاصرو فرانكلين به باعتباره نيوتن الجديد ، وكان هذا أول عمل عظيم تقدمه أمريكا للتفكير العلمي . وفي ضوء هذه الحقائق لا يبقى شك في مكانة فرانكلين العلمية ولا في حقته في أن يعتبر أول عالم أمريكي .





## ميخائيل فاراداي

بقلم: هربرت كوزرو

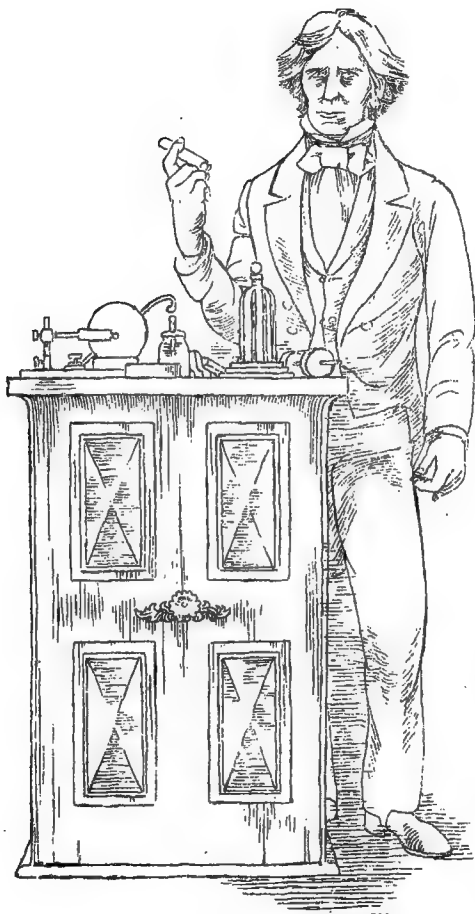
**يشير** ميخائيل فاراداي بأنه صاحب التجارب التي أدت إلى كشف كهرباء الحث. ويتجاهل التاريخ أنه كان أيضا أحد عطاء مؤسسى الفيزياء الحديثة. وبقينا يمكننا القول بأنه الرجل الذى بدأ الثورة التى حظمت حكم نيوتن الطويل والتى أعادت بناء الفيزياء على أسس نظرية جديدة ، وذلك لأن فاراداي كان العالم الأول الذى اقترح فكرة المجال ، وهو المفهوم الذى أصبح فيما بعد الركن الأساسى فى نظرية جيمس كلارك ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، والنظرية العامة لألبرت أينشتاين عن النسبية ، وتقدم القرن العشرين نحو فهم حقائق الطبيعة .

وبما يدعو إلى العجب فى هذا المجال أن إلمام فاراداي بالرياضيات كان ضئيلا ، ولم يتعد فى دراسته المرحلة الابتدائية ، الشئ الذى يجعل كثيرا من علماء الفيزياء المعاصرين لا يتصورون كيف أتم أعماله العظيمة . والحقيقة أن جهل فاراداي بالرياضيات ساعد فى إلهامه ،

واضطره حين كان يبحث عن تفسير للظواهر الكهربائية والمغناطيسية التي يشاهدها ، إلى وضع وتطوير مفهوم بسيط غير رياضي . ولعل كشفه لنظرية المجال يوضح صفتيه اللتين عوضتا نقص تعليمه ألا وهما خياله الرائع ، واستقلال وأصالة تفكيره .

وقد أكد المؤرخون قدرات فاراداي العقلية الجبارة وتعلقه الكبير بتجاربه العملية . ومن حسن حظ مؤرخيه ، أنه كتب كل شيء عن حياته ، فذكراته وملاحظاته نشرت في سبعة مجلدات . وكان اهتمامه مركزاً على علمي الفيزياء والكيمياء . وكان اهتمامه بالنساء قليلاً ( ولو أنه تزوج ) واهتمامه بالمال أقل . وكان في إمكانه أن يحصل على ثروة هائلة من كسوفه ولكنه كان يعتمد أن يترك كل مشروع علمي عندما يصل إلى مرحلة القيمة التجارية . والواقع أن فاراداي ولد فقيراً ، ومات فقيراً ، وكان عمله الذي استغرق حياته خير مكافأة له .

ولد فاراداي من أب يعمل حدادا ، بالقرب من لندن في ٢٢ سبتمبر عام ١٧٩١ . وكانت عائلته فقيرة فلم يستطع أن يتم تعليمه . جاء في مذكراته : « كان تعليمي من النوع العادي جداً ، لا يتعدى الإلمام بالقراءة والكتابة والحساب ، في إحدى المدارس الصباحية العامة . وكنت أقضي وقتي خارج المدرسة إما في المنزل وإما في الشارع . وفي سن الثالثة عشرة اشتغل ساعياً في ورشة لتجليد



BERNARD  
HRYSON

الكتب يديرها رجل يدعى ريو . وبعد سنة عينه ريو كصبي في عملية التجليد بعدد مئة سبع سنوات . ولقد أبدى فاراداي شغفا كبيرا بكتب ريو . وكتب في مذكراته : « عندما كنت أعمل صيبا ، شغفت بقراءة الكتب العلمية التي كانت تقع في يدي ، ومن بينها كتاب ما رسييت « مناقشات في الكيمياء » ، وما جاء في الموسوعة البريطانية عن الكهرباء . ثم حضر فاراداي بعض المحاضرات عن الكيمياء التي كان يلقيها العالم الشهير سير همفري دافى ، ودون عنها مذكرات دقيقة ومرتبعة . ثم قدم طلبا لكي يعمل في الجمعية الملكية ، ورفض هذا الطلب .

وعندما انتهت فترة تمرين فاراداي في ورشة التجليد عام ١٨١٢ ، اشتغل مجلدا متجولا للكتب مع مسيو دى لاروش . ولكنه لم يكن سعيدا بهذا العمل ، ولذلك سرعان ما قدم طلبا للعمل لدى سير دافى ، وقدم مع طلبه هذا مذكراته عن محاضرات الكيمياء كدليل على جديته . وكان دافى رجلا حكما وتأثر من هذه المذكرات فعين دافى سكرتيراً له ، ولكنه فصله من خدمته ، بعد بضعة شهور ، ونصحه أن يعود إلى عمله في تجليد الكتب . ولم يمض زمن طويل حتى غير دافى رأيه وأعاد فاراداي إلى خدمته مساعداً لمعمله .

ومنذ ذلك الحين كرس فاراداي معظم وقته للعمل في بحوثه العلمية ، وبعد جولة استغرقت عامين في أوروبا مع سير همفري ، استقر فاراداي للعمل في معمل دائم . وأجرى من التجارب في الكيمياء ، والكيمياء الكهربائية ، والتعدين ما كان يكفي لتثبيت سمعته كعالم ، فقد كشف البزوين ، وأنتج لأول مرة الصلب غير القابل للصدأ ، وكان أول من حوّل كثيراً من الغازات إلى سوائل ، وكشف قوانين التحليل الكهربى ، والدوران المغناطيسى لمستوى الضوء المستقطب . ولكن ما يهمنى في هذا المجال هو عمله الأساسى فى الكهرباء المغناطيسية .

فى عام ١٨٢٠ ، أعلن عالم الفيزياء الدانمركى هانز كريستيان أورستد عن كشفه لوجود علاقة بين المغناطيسية والكهرباء ، فقد وجد أن مرور تيار مستمر فى سلك يسبب انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من السلك . ولذلك فقد استنتج أورستد وجود مجال مغناطيسى يحيط بالسلك الكهربى ، ويعمل على شكل حلقات حول السلك وعمودية عليه . وفى السنة التالية استبدل العالم الفرنسى أندريه مارى أمبير بالإبرة المغناطيسية سلكاً آخر يمر به تيار كهربى ، ولاحظ وجود قوة جذب أو تنافر مغناطيسى بين السلكين ، الأمر الذى كان يعتمد على إتجاه مرور التيار .

اهتم دافى وفاراداي ، برغم انشغالهما بالبحوث الكيميائية ،  
بهذا الكشف الكهربى المغناطيسى الجديد ، وأعادا التجارب لكى  
يتأكد من صحته . وفى نفس الوقت اقترح العالم الإنجليزى المرموق  
وليام هايد وولاستون على دافى احتمال أن يؤدى المجال المغناطيسى  
إلى الدوران . وقد فسر فاراداي هذا بدوران السلك حول محوره ،  
ولكنه فشل فى الوصول إلى مثل هذه النتيجة . غير أنه سرعان  
ما توصل ، سواء منفرداً أو بعد سماعه بنظرية أورستد ، إلى التأثير  
الدائرى والعمودى للمجال المغناطيسى حول الموصل . ولذلك فقد  
تصور أنه إذا وجد قطب مغناطيسى متحرك فإنه لابد أن يدور  
حول الموصل ، وأن العكس لابد أن يكون صحيحاً ، أى أن الموصل  
ذاته لابد أن يدور أيضاً حول قطب مغناطيسى .

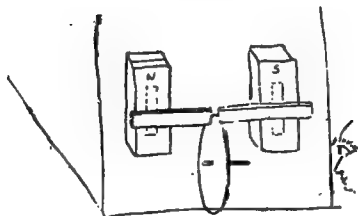
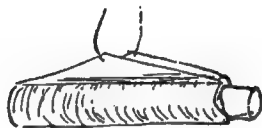
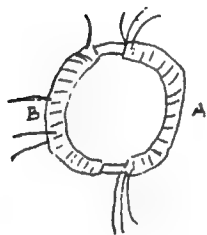
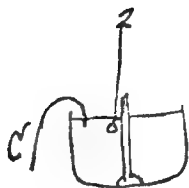
وبدأ فاراداي فوراً فى إجراء التجارب الشهيرة التى أدت  
إلى كشفه المبادئ الأساسية للمحرك الكهربى . وفى أول تجربة  
ثنى سلكاً كهربياً على شكل « بنطة النجار » و مرر أحد طرفى  
السلك فى قطعة من الفلين عائمة فى حوض به زيتى ، وأوصل  
الطرف الآخر ببطارية بوساطة فتجان فضى مقلوب ، ثم وضع  
قضيباً مغناطيسياً فى الجزء المنحنى من السلك ، وعندما مر التيار  
الكهربى فى الدائرة الكهربائية دار الجزء المنحنى من السلك إلى أن  
اصطدم بالقضيب المغناطيسى الثابت . ثم طور فاراداي التجربة



بحيث يتمكن السلك من الدوران حول المغناطيس دون عائق ،  
فاستخدم قطعة مستقيمة من السلك يمر احد طرفها بقطعة فلين  
طافية في وعاء الزئبق . ولقد أدى مرور التيار الكهربى إلى دروان  
السلك المستمر حول المغناطيس . وعندما عكس اتجاه التيار ، دار  
السلك فى الاتجاه المضاد . وتبين الأشكال المرسومة فى صفحة  
٢٢٤ الرسومات المبسطة لهاتين التجربتين التى رسمها فاراداي نفسه .

ثم استطرد فاراداي لإجراء التجربة العكسية لكى يرى ما إذا  
كان المغناطيس يدور حول موصل ثابت . وفى هذه الحالة كان  
القضيب المغناطيسى ( وقد وضع ثقلا من البلاتين بطرفه الأسفل )  
يطلقو بحرية فى الزئبق وكان السلك ثابتا . وكما توقع فاراداي دار  
المغناطيس حول السلك الذى يمر به التيار الكهربى .

وعندما نشر فاراداي نتائج هذه التجارب اتهم فى الحال  
باستخدام أفكار وولاستون دون وجه حق . والواقع أن فاراداي  
أساء تفسير رأى وولاستون وأخذه على أنه يعنى دوران السلك  
حول محوره . أما تجاربه ونتائجها فكانت من عنده . وبمضى الوقت  
زال سوء التفاهم ، وشرح فاراداي لعضوية الجمعية الملكية . وقد زكى  
وولاستون ترشيح فاراداي ، ولكن دافئ صوت ضده ، ولعل  
ذلك بسبب غيرته . ومع ذلك فقد انتخب فاراداي عضواً عام ١٨٢٤ .  
وبعد ذلك ، ترك فاراداي تجاربه عن الكهربية المغناطيسية



رسوم من مذكرات فاراداي تبين التقدم في تجاربه الكهربائية والمغناطيسية. فالرسم الأعلى إلى اليسار يبين كيف نثي سلكاً موصلاً على شكل منحنى، يطفو أحد طرفيه على قطعة فلين فوق زئبق، ثم وضع قضيباً مغناطيسياً في المنحنى، مما سبب دوران السلك حول القضيب، وهذه أول تجربة في الدوران الكهربى لمغناطيس. ثم ثبت بعد ذلك المغناطيس رأسياً في حوض به زئبق، كما يبين الشكل الأعلى إلى اليمين، لكي يسمح للوصل العائم أن يدور تماماً حوله، وهذه هي نظرية المحرك الكهربى. وفى عام ١٨٣١، لف سلكين (أو ملفين) ٢، ب حول حلقة من الحديد، ثم وصل ١ ببطارية، كما يبين الشكل الأوسط إلى اليسار، فتسبب هذا في مرور تيار متقطع فى ب، وبهذا اكتشف التيار بالحث. وعندما أدخل وأخرج قضيباً مغناطيسياً فى أسطوانة مجوفة وملف متصل بجلفانومتر، كما فى الشكل الأوسط إلى اليمين، أثبت أن التيار يمكن أن يتولد بالحث بواسطة الحركة النسبية للوصل والمجال المغناطيسى، وهذه نظرية المولد الكهربى. والشكل السفلى يبين كيف أدار فاراداي قرصاً من النحاس بين قطبي المغناطيس المركب للجمعية الملكية، فولد بذلك تياراً مستمراً بالحث — ميلاد الدينامو.

وعاد إلى الكيمياء . ولكن فكرة لا يمكن تجاهلها ظلت عالقة  
 بذهنه . إذا كان التيار الكهربى يولد المغناطيسية ، ألا يمكن  
 للمغناطيس أن يولد تياراً كهربياً ؟ وفى عام ١٨٢٤ ، ومرة أخرى  
 فى عام ١٨٢٥ ، حاول أن يولد تياراً كهربياً بالحث فى سلك  
 بوضع مغناطيس بالقرب منه ، واسكن هذه المحاولات فشلت .  
 ولم يكن قد قدر بعد أهمية الحركة فى الظاهرة التى أوضحها أورستد .  
 إن حركة التيار الكهربى فى السلك هى التى أوجدت المغناطيسية .  
 ولكن يحصل على التأثير العكسى ، كان لا بد أن يحرك المغناطيس  
 بالنسبة للسلك .

وفى عام ١٨٣١ ، أنهى فاراداي بحوثه الكيميائية وكرس  
 نفسه كلية للمسألة التى كانت تلح على فكره . وفى يوم واحد  
 ٢٩ أغسطس ١٨٣١ - وجد الإجابة التى دلته إلى الطريق الصحيح .  
 بدأ تفكيره هذه المرة من الحالة المائلة للحث فى الكهرباء  
 الإستاتيكية ، وكان معلوماً أن جسماً مشحوناً يستطيع أن يولد  
 شحنة كهربية بالحث على جسم آخر قريب منه . وإذن فلعل تياراً  
 كهربياً فى سلك يولد تياراً بالحث فى سلك آخر على مقربة منه .  
 ولاختبار صحة هذه الفكرة أجرى فاراداي تجربته بدائية غريبة ،  
 يوضحها الرسم الأوسط فى صفحة ٢٢٤ . وإليك ما جاء  
 فى مذكراته عن هذه التجربة الشهيرة :

« لقد صنعت حلقة من الحديد المطاوع . وكان الحديد دائرياً  
 سمكه  $\frac{1}{8}$  بوصة ، والقطر الخارجى للحلقة ست بوصات . ولففت  
 عدة لفات من سلك نحاسى حولها بحيث يفصل اللفات دوبارة  
 وقطع من قماش القطن . وكانت هناك ثلاثة أطوال من السلك ،  
 كل منها ٢٤ قدما ، ويمكن توصيلها معا أو استخدامها منفصلة .  
 ثم عزلت كل من هذه الأطوال عن الآخر ولنطلق على هذا الجانب  
 الحلقة ١ . وفى الجانب الآخر ، وعلى مسافة منه ، لفتت سلكاً  
 مكوناً من قطعتين ، يصل طولهما إلى حوالى ٦٠ قدما ، واتجاه  
 الملف هو نفس اتجاهه فى الملف السابق . ولنسم هذا الجانب  
 من الحلقة ب .

« وشحنت بطارية من عشرة أزواج من الألواح مساحة  
 كل منها أربع بوصات مربعة . وجعلت الملف الذى على الجانب ب  
 ملفاً واحداً ، وأوصلت طرفه بسلك نحاس يصل إلى مسافة ثلاث  
 أقدام من الحلقة ويمر فوق إبرة مغناطيسية ، ثم أوصلت طرفى  
 إحدى القطع التى على الجانب ١ بالبطارية . ظهر فى الحال تأثير  
 ملحوظ على الإبرة ، إذ تارجحت ثم عادت إلى وضعها الأصى .  
 وعند قطع اتصال الجانب ١ بالبطارية ، حدث اضطراب آخر  
 فى الإبرة .»

لاحظ فاراداي أنه عند قفل الدائرة تنحرف الإبرة فى أحد

الاتجاهات ، وعندما تفتح الدائرة تتحرك الإبرة في الاتجاه المضاد .  
ولكن لا يحدث أى انحراف عندما تسرى الكهرباء في  
الملف الأول .

وأخيراً حصل على الكهرباء من المغناطيسية . ولكنه  
لم يكن راضياً ، فقد كان يتوقع أن يسبب التيار في الملف الابتدائي  
تياراً مستمراً في الملف الثانوي ، ولكن بدلا من ذلك ، نتج فقط  
تأثيرات مؤقتة في لحظة لإغلاق وفتح الدائرة في الملف الابتدائي .  
ومع ذلك فقد كان لديه إحساس بأنه قاب قوسين أو أدنى من  
النجاح ، وكتب إلى أحد أصدقائه قائلا : « لاني مشغول في الوقت  
الحاضر في الكهرباء المغناطيسية ، وأعتقد أني أمسكت بشيء  
ذى قيمة ، ولكنى لا أستطيع أن أحده . ولعل بعد كل هذا  
الجدد قد أمسكت بقطعة من العشب بدل السمكة التي أبحث عنها » .

واستمر فاراداي في إجراء تجاربه ، وفي ١٧ من أكتوبر عام  
١٨٣١ ، أجرى تجربة أوضحت أنه أمسك بسمكة كبيرة جداً .  
وفي هذه التجربة — وهى أبسط وأشهر تجاربه — لف ملفاً حول  
أسطوانة مجوفة من الورق : وأوصل طرفي الملف بجلفانومتر .  
وعندما دفع قضيباً مغناطيسياً بسرعة داخل الملف ، انحرفت إبرة  
الجلفانومتر ، وعندما سحب القضيب المغناطيسي انحرفت الإبرة

مرة أخرى ولكن في الاتجاه المضاد . والواقع أنه لم يكن هناك اختلاف سواء حرك المغناطيس أو الملف ؛ ففي الحالتين حصل على تيار بالحث في السلك . وبذلك أصبح من الواضح دون أى شك أن ما سبب حدوث التيار هو حركة الموصل أو المجال المغناطيسى كل منهما بالنسبة للآخر .

وهكذا كشف فاراداي المبدأ الأساسى للمولد الكهربى . ولقد مهدت هذه التجربة لإنتاج تيار كهربى بالحث مستمر . وبعد أحد عشر يوماً خلق فاراداي هذا التيار وذلك بالجهاز الموضح فى الرسم السفلى فى صفحة ٢٢٤ . استخدم المغناطيس المركب الذى كان فى الجمعية الملكية وركز قوة الأقطاب بأن وضع عند طرفى المغناطيس الكبيرين مغناطيسيين صغيرين طول كل منهما ست بوصات ، وأدار بين هذين المغناطيسيين قرصاً من النحاس حول محور من البرونز . وعند طرف القرص وضع موصلين من النحاس على مسافات مختلفة من القطبين ، وبذلك حصل على انحراف ثابت تقريباً للإبرة . ونقول « تقريباً » لأنه وجد مشقة فى الإمساك بالموصلين طوال الوقت .

وقد أجرى فاراداي تجارب أخرى كثيرة عن الحث الكهربى المغناطيسى ، ولكن هذه التجارب لم تكن فى الأغلب سوى

تعديلات لتجاربه الأساسية . وكانت تجربته الأولى على الحلقة الحديدية هي التي منحت العالم أول محول كهربى . والتجربة الأخرى التي شرحناها حالا هي التي نتج عنها أول مولد .

أرسل فاراداي بنتائج تجاربه إلى الجمعية الملكية في خلال شهر ، وبعد ذلك نشر هذه البحوث باعتبارها الجزء الأول من « بحوث تجريبية في الكهرباء » ، وفيها أعاد ترتيب تجاربه بطريقة حيرت المؤرخين فيما بعد .

وبمجرد نشر هذه التجارب ، ثارت مرة أخرى مسألة الأولوية في اكتشافها . كان العالم الفيزيائى الأمريكى جوزيف هنرى قد كشف فعلا الحث الذاتى ، وادعى ليوبولد نوبيل وكفاليري أنتينورى الإيطاليان أنهما كشفوا التأثير الكهربى المغناطيسى قبل أن ينشر فاراداي نتائج بحوثه ، والواقع أن الإيطاليين أجريا تجاربهما بعد سماع نتائج تجارب فاراداي . ولقد تمكن فاراداي من إثبات أسبقيته في الوصول إلى هذه النتائج .

• • •

ولم يكن فاراداي راضيا عن اكتشاف الحث الكهربى المغناطيسى . كان يريد أن يعرف لماذا يحدث ؟ ولما كان عاجزا عن إعطاء تفسير رياضى للموضوع ، فقد وضع له نموذجا فيزيائيا مستمدا من الظاهرة



المألوفة وهي اتخاذ برادة الحديد أشكالا ذات خطوط منتظمة حول المغناطيس . ولكن لماذا تتخذ شكل خطوط ؟ ولهذا فقد افترض فاراداي أن الفضاء المحيط بالمغناطيس مليء بخطوط قوى . وتمثل القوة المغناطيسية على هيئة خطوط غير مرئية مشدودة مثل خيوط المطاط . وترتب برادة الحديد نفسها بواسطة الجذب المغناطيسى على هذه الخطوط .

ولم يقف فاراداي عند هذا الحد ، لقد ملأ كل الفضاء بخطوط القوى ، وقدم المفهوم الثورى القائل بأن الفضاء تتخلله أنواع مختلفة من القوى المغناطيسية والكهرية والإشعاعية والحرارية والجاذبية . وترضح الخطوط في كل الحالات كلا من اتجاه ومقدار القوة . فمثلا ، عند قضيب من المغناطيس تتجه خطوط القوى من القطب الموجب إلى السالب أو من القطب الشمالى إلى الجنوبى ، كما يدل عدد خطوط القوى الخارجة من القطب المغناطيسى على قوة هذا القطب عند أية نقطة . وهذه الخطوط أكثر كثافة بالقرب من المغناطيس عنها عند أية نقطة بعيدة فى الفضاء . كما تتحدد كمية الكهرباء التى يمتلكها جسم ما ، حسب رأى فاراداي ، بعدد خطوط القوى التى تنبعث منه . وتنتهى جميع خطوط القوى فى مكان ما ، إما على جسم آخر قريب ، وإما على جدران الحجرة وإما عند السكواك فى الفضاء . وعند كل نهاية توجد كمية

من الكهرباء تساوى في الكمية شحنة الجسم الأصيل ولكنها  
تضادها في الاتجاه .

واستنتج فاراداي أن نظرية خطوط القوى تفسر كيف يحدث  
تيار حث في موصل . إنه ينتج كلما قطع الموصل خطوط القوى  
المغناطيسية . وكشف أهمية سرعة الحركة ، وكتب في ذلك :  
« إذا تحرك السلك ببطء ينتج تيار ضعيف في السلك ويستمر هذا التيار  
في أثناء حركة السلك ؛ أما إذا قطع السلك خطوط القوى بسرعة  
فإن تيارا أقوى ينتج ولكن لوقت أقصر » . والحقيقة أنه لا ينتج  
تيار ولكن ينتج فرق جهد ، ويحدث التيار نتيجة لهذا الفرق  
في الجهد .

وتدرج فاراداي بعد ذلك من فكرة خطوط القوى المختلفة  
التي في الفضاء إلى افتراض أن هذه الخطوط تملأ كل الفضاء ، فقد  
كتب في مذكراته عام ١٨٤٦ : « كل ما يمكن أن أقوله هو أنني  
لا أستطيع أن أتصور في أي جزء من الفضاء ، سواء كان فراغا ،  
حسب الاصطلاح الدارج ، أو مليئا بالمادة ، إلا القوى والخطوط  
التي تعبر عنها . »

وهنا نحصل على الأصل التاريخي لنظرية المجال ، ولو أن فاراداي  
نفسه لم يشر قط إلى نظامه باسم « نظرية المجال » أو « مفهوم المجال » .

والواقع أنه وضع نظريته تحت الاختبار وكان على استعداد لإهمالها إذا أثبتت التجربة عدم صحتها .

لماذا يعتبر المجال مفهوما ثوريا ؟ السبب في ذلك هو أن علماء الفيزياء حتى وقت فاراداي كانوا يركزون تفكيرهم حول الجسم المادى ، وحاولوا استخلاص جميع الظواهر من مفهوم الجسم . وكانت العمليات الفيزيائية تفسر بوساطة قوانين نيوتن عن الحركة وقوى التفاعل المتبادل بين الجسيمات ، فجاء فاراداي وأزاح الجسم بعيدا وتوج مكانه خطوط القوى التى تملأ الفضاء . ولم يكن فاراداي يهتم بالجسيم الكهربي أو المغناطيسى بقدر ما كان يهتم بالفضاء الذى تعمل فيه هذه الجسيمات . وهذا هو كل أساس مفهوم المجال . فإيهام في نظرية المجال إنما هو الحالة الهندسية والفيزيائية للفضاء ذاته .

وكان فاراداي ، بالنسبة لهذه النقطة في غاية الوضوح ، فقد كتب في « بحوث تجريبية » : « وفي ضوء هذا الفهم للمغناطيس ، يكون للوسط أو للفضاء المحيط به نفس أهمية المغناطيس ، ويكون بذلك جزءا من النظام المغناطيسى الحقيقى والكامل » .

وهنا نلاحظ أن فاراداي كان يرى ما يطلق عليه اليوم اسم نظرية المجال المزدوج أو الثنائى ، وهى النظرية التى تعطى نفس الأهمية للجسيم والمجال ولكن التى يلعب فيها المجال الدور الأساسى

والقيادى . وبهذا يكون لفرادى سبق فى الثورة النسبية الحديثة فى علم الفيزياء ، كما يجب أن نرقى بمفهوم المجال إلى مصاف أعظم ما أبدعه العقل العلبى .

ولم يكن فارادى يعتبر فكرة المجال نظرية مستقلة عن نظام نيوتن ، ولكنه كان يعتبرها مكملة لهذا النظام . ولم يكن فى نيته أن ينزل مفهوم الجسم عن عرشه ، ولكن هذا حدث فيما بعد كنتيجة لفروض فارادى . وقد بدأ فارادى أيضاً عملية انهيار مفهوم آخر هام ، وهو مفهوم « العمل من بعد » ، فقد افترض نيوتن ، كما آمن بهذا الفلاسفة قبله بزمان طويل ، أن القوى يمكن أن تعمل وتؤثر على مسافات بعيدة وفى الحال ودون الحاجة لآى وسط . وكان اعتقادهم أن هذا هو السبيل الوحيد لتفسير طريقة عمل قوة الجاذبية بين النجوم والكواكب .

وكان لنظرية « العمل من بعد » فى القرن التاسع عشر قدم راسخة فى علم الفيزياء . ولكن فارادى شعر أن هذا المفهوم غير مقنع وأن افتراضات الميكانيكا النيوتونية تتعارض وظواهر الكهرباء الديناميكية . فلم يتردد فى نبذ فكرة « العمل من بعد » ، وصياغة مفهومه الخاص حيث تحتاج القوة إلى زمن لكى تنتقل ، ووسائل انتقالها هى خطوط القوى . وقد أجرى فارادى تجاربه ،

كلما أمكنه ذلك ، لإثبات أن القوة تحتاج إلى وقت حتى تنتقل .  
وقد فشل في حالة قوة الجاذبية ، ولكنه لم يترجح عن اعتقاده  
وإيمانه بصحة مفهومه . ولم يحطم فاراداي نفسه مفهوم « العمل  
من بعد » ، ولكن هذا المفهوم تحطم على يدى ماكسويل ، الذى  
أزاله من علم الكهرباء الديناميكية ، وكذلك هندريك لورنتز ،  
الذى أدت معادلاته التحويلية إلى اختفائه تماماً من علم الفيزياء .

وفي مايو عام ١٨٤٦ ، نشر فاراداي بحثاً طريفاً عن بعض  
تأملاته تحت عنوان « آراء حول تذبذبات الأشعة » تنبأ فيه بنظرية  
الضوء الكهربية المغناطيسية . وكتب فى ذلك : « إن وجهة النظر  
التي أجد في نفسى الجسارة لأن أتقدم بها ، تعتبر الإشعاعات نوعاً  
ممتازاً من ذبذبات خطوط القوى المعروفة أنها تربط الجسيمات ،  
وكذا كتل المادة ، بعضها ببعض . ووجهة النظر هذه تحاول  
تجاهل الأثير ، ولكنها لا تتجاهل الذبذبات » . وجاء ماكسويل  
بعد ذلك بقليل لتطوير هذا الرأى الجسور رياضياً وإعلان النظرية  
الكهربية المغناطيسية . وكان فاراداي نفسه قد أوجد علاقة  
تجريبية بين الضوء والمغناطيسية ، فقد أوضح فى سلسلة من التجارب  
الرائعة أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يسبب دوران مستوى  
الضوء المستقطب .

وكان فاراداي يؤمن إيماناً عميقاً بوحدة الطبيعة ووحدة قوانين الفيزياء ، كما كان يؤمن بوجود علاقة بين القوى الكهربائية المغناطيسية وبين الجاذبية ، وأنه لا بد من وجود قانون يحكم هذه العلاقة . فقد كتب عام ١٨٤٩ في كراسة العمل : « الجاذبية ، لا شك أن التجارب ستصل بنا إلى إيجاد علاقة بين هذه القوة وبين الكهرباء والمغناطيسية وغيرها من القوى ، بحيث يمكن الربط بينها في عمل متبادل وتأثير متكافئ » . فكر لحظة كيف يمكن معالجة هذا الأمر عن طريق الحقائق والتجارب . . ولكن جميع التجارب التي أجراها للوصول إلى مثل هذه العلاقة باءت بالفشل . ولذلك كتب في ملاحظة حزينة ولكنها مليئة بالتفاؤل « وهنا تنتهي محاولاتي في الوقت الحاضر ، فالتنتائج سلبية ، ولكنها لا تزعزع إحساسي بوجود علاقة بين الجاذبية والكهرباء ، ولو أنها لا تعطي أى دليل على وجود مثل هذه العلاقة » .

\* \* \*

وكان ما زال يعمل لحل هذه المسألة بعد ذلك بعشر سنوات عندما كتب بحثه الأخير . كانت صحته قد اعتلت في ذلك الوقت ، ولكنه لم يترك التجارب والبحث . وكان يعاني من فقدان الذاكرة لمدة طويلة ، وقد يعيد تجربة يكون هو نفسه قد أجراها بنجاح

قبل ذلك بوقت قصير . وكان ذلك العالم الفقير المنبت ، غير المتعلم ،  
قد أصبح أستاذا مدى الحياة في المعهد الملكي ويقطن في هامتون  
كورت . وفي عام ١٨٦٧ كتبت بنت أخيه الآنسة ريد إلى صديق  
فاراداي العزيز بنس جونز تقول : « إن عمي العزيز يبدو أحسن  
نما كان في بعض الأوقات . ولكنني للأسف أتألم عندما أرى  
عقله يتلاشى بعيداً . . . إن صحة عمي سيئة ومتدهورة هذا العام ،  
وهو في حالة شلل نصفي . . . وفي ٢٥ من أغسطس عام ١٨٦٧ مات  
ميخائيل فاراداي بسلام في كرسي مكتبه ، وهو لا يدرك الخلاف  
الذي سيدور من بعده حول المشكلة المهمة : هل سيسود المجال أم  
سيسود الجسم ؟ » .







## چوزيف هنرى

بتم ميتشل ريلسون

في ربيع عام ١٨٣٧ كانت مجموعة صغيرة من الرجال فى أحد المعامل الإنجليزية تحاول إجراء إحدى التجارب . كانوا قد أقاموا دائرة كهربية لى تحمل تيارا ضعيفا جدا ، وكانوا يحاولون الحصول على شرارة كهربية بقفل الدائرة وفتحها . وكان شارلس هويتستون يلامس طرفى السلك الذى يتمم الدائرة . ولم يتمكن من الحصول على الشرارة . وقال مينخايل فاراداي إن هويتستون يتبع طريقة مخطئة ، وأضاف فاراداي بعض التعديلات إلى الدائرة وحاول أن يحصل على الشرارة ولكنه لم يفلح .

وكان هناك زائر أمريكى ينتظر بصبر بينما عالما الكهرباء الشهيران يتناقشان حول أسباب الفشل . وبينما كان الأمريكى يستمع إلى هذا الجدل أمسك بقطعة من السلك ولفها حول أصبعه مثل البريمة . وبعد بضع دقائق أشار إلى أنه عندما ينتهى السيدان ويكونان على استعداد فإنه يسهه أن يوضح لها طريقة الحصول

على شرارة . وأجاب عليه فاراداي بواحدة من إجاباته الجافة المعتادة ، ولكن الأمريكي استمر في عمله . فأضاف ملفه الصغير إلى أحد أطراف السلك ، وفي هذه المرة عندما فتح الدائرة انطلقت شرارة وأمكن رؤيتها بوضوح . فصفق فاراداي فرحاً وقال : « مرحى للتجربة الأمريكية ١ ماذا فعلت بحق السماء ؟ » ولو كان لجوزيف هنري طبيعة فاراداي لأجابه قائلاً : « لو كنت تقرأ ما أنشر ، وتفهم ما تقرأ لعرفت ما رأيته لتوك ١ » . ولكن أستاذ برنستون شرح بأناة هذه الظاهرة عن الحث الذاتي للرجل الذي منحه العالم شرف الكشف عن الحث .

ومر قرن وربع من الزمان ، وتجمعت أكداس من المعرفة بين تجارب بنيامين فرانكلين الكهربائية ونظرية الكهرباء المغناطيسية لجيمس كلارك ماكسويل . والكثير من هذه المعرفة جمعه رجل واحد هو جوزيف هنري ، خلال خمسة عشر عاماً من ١٨١٩ إلى ١٨٤٤ . ومع ذلك فقد كان هنري غريباً في عصره . وظن أصدقاؤه أن مثاليته العلمية تنطوي على نقص في الروح الأمريكية ، وتجاهله العلم العالمي لأنه كان أمريكياً . ولم يدرك أحد أنه كان عملاقاً إلا بعد وفاته . وبعد أن مضى معاصرو شبابه ، وأدرك الشباب أيضاً أن الشهرة الكبيرة التي اكتسبها خلال النصف الأخير من حياته إنما كانت نتيجة لأقل كشوفه أهمية . وفي النهاية منحه



العلم أعظم تقدير بأن رفعه إلى مصاف العظماء ، وذلك بأن أضاف  
إلى الوحدات الكهربائية وهى الأمبير والفولت والأموم والفاراد  
اسما آخر هو الهنرى ، وهى وحدة الحث .

، ، ،

فى خلال الخمسة والعشرين عاما قبل ظهور هنرى أوضح  
ساندرو فولتا كيفية إنتاج تيار كهربى ثابت ، ووجد أوم القانون  
الذى يحكم قوة التيار واكتشف كل من هانز أورستد ودومينيك  
أراجو أن التيار الكهربى يخلق المغناطيسية . والآن وفى العقد  
الثالث من القرن التاسع عشر كان بعض الباحثين من ذوى العقول  
النيرة يتساءلون : إذا كانت الكهرباء تخلق المغناطيسية ، فهل تخلق  
المغناطيسية بالتالى الكهرباء ؟ وإذا بجوزيف هنرى ، وهو مدرس  
الرياضيات بمدرسة ريفية ياحدى مدن المقاطعات فى أمة غير  
متقدمة ، لا يجيب فقط عن هذا السؤال ، ولكنه يذهب إلى أبعد  
منما ذهب إليه أسلافه فى عمق أبحاثه .

ولم يكن فى ماضى هنرى ما يوحى بمدى قدرته ولا باتجاه  
ميوله . لقد ولد عام ١٧٩٧ بالقرب من ألبانى بمقاطعة نيويورك ،  
ونشأ فقيرا ، واشتغل فلاحا وصييا فى أحد المخازن ، وكان صييا  
حالملا لا يكاد يلم بالقراءة . وعندما وصل إلى سن الثمانية عشرة

انحصر اهتمامه في تربية أحد الأرناب . وفي أحد الأيام انطلق الأرناب ومن خلفه هنرى إلى أن وصلا أحد الكنائس . وإذا به داخل إحدى الغرف المقفلة وقد احتوت مكتبة مليئة بالقصص فلى الأرناب وقرأ الكتب .

وقد استغرقت الدراما إلى درجة أنه عندما أرسل إلى ألبانى في العام التالى ليكسب عيشه ، وكان عندئذ في الرابعة عشرة من عمره ، ذهب إلى مسرح جرين ستريت ، حيث كان يدير جون برنار فرقة الشهيرة . وبقى جوزيف هنرى مدة عامين يعمل ممثلاً تحت التمرين في تلك الفرقة .

وفي سن السادسة عشرة توصل إلى اكتشافه العظيم الثانى ، فقد تناول بالصدقة كتاباً الزميل له في السكن . وظل إلى سن متأخرة يذكر أول فقرة في ذلك الكتاب وقد جاء فيها : « إذا ألقيت حجراً أو قذفت سهماً في الهواء ، فلماذا لا يسير في خط مستقيم في الاتجاه الذى ألقيته إليه ؟ وعلى العكس ، لماذا يتصاعد اللهب والدخان دائماً إلى أعلى دون أية قوة دافعة في ذلك الاتجاه ؟ » وفي هذا السؤال كشف جوزيف هنرى عالم العلوم .

ولم يكن هنرى أبداً من الذين يتخذون قرارات في الأمور الصغيرة ، فقد ذهب مرة لتفصيل حذاء وظل أياماً لا يستقر

على رأى فيما إذا كان يريد مقدمة الحذاء مستديرة أو مربعة. وأخيراً، وقد ضاق به الإسكافي، صنع له فردة بمقدمة مستديرة وفردة الحذاء الأخرى بمقدمة مربعة. ومع ذلك فقد كان هنرى يتخذ القرارات المهمة فى الحال، فقد ذهب للعمل على المسرح دون أية خبرة أو تمرين، ثم إذا به، ودون أية أسباب وجيهة، يغير رأيه فجأة ويقرر أن يصبح عالماً وفيلسوفاً طبيعياً.

ذهب هنرى إلى الأكاديمية فى ألبانى وتقدم إليها ليلتحق بها طالباً. كان التلاميذ الآخرون من زملائه يصغرونه بضع سنوات، كما كانوا من أبناء الأسر المقتدرة، ولكن هنرى عاش حياة خاصة كان كل شىء فيها ممكناً. ومن حسن الحظ أنه كان لديه من المواهب ما يجعله يكيف العالم الخارجى بحيث يلائم أحلامه الخاصة.

وبعد دراسة لمدة سبعة شهور فى الفصول الليلية والدروس الخاصة اكتسب قدراً من التعليم كان كافياً لىكى يحصل به على عمل كمدرس فى إحدى المدارس الريفية. وبذلك تمكن أيضاً من إتمام دراسته. وكان التدريس وحضور الدروس فى الأكاديمية يستغرق منه ١٦ ساعة يومياً، ولكن هنرى كان سعيداً بحياته هذه. وأخيراً ترك التدريس وتحدث مع أستاذه فى الكيمياء لىكى يأخذه مساعداً له لتجهيز وتحضير تجاربه التى يجرىها فى أثناء المحاضرات العامة.

وكانت خبرة هنرى المسرحية قد علمته أن كل عمل يؤدي أمام الجمهور يجب أن يكون في غاية الكمال ، وأن يكون مقنعاً ومؤثراً بأكبر قدر ممكن . وقد أثرت هذه الخبرة في السرعة والبساطة التي تميزت بها تجاربه الخاصة .

وعندما أنهى هنرى دراسته في الأكاديمية عين مساحاً ومهندساً على قناة إيرى . وقد بدا عندئذ كما لو كانت أيام فقره قد انتهت وقد تفتحت أبواب الثراء أمامه . وكان في ميسور رجل له مثل مؤهلاته أن يجمع ثروة كبيرة في أى مكان يعمل به من المراتى الشرقية إلى تلال ويسكونسن البعيدة . ومع ذلك ، فلإن عرضت عليه أستاذية الرياضيات والفلسفة الطبيعية في ألبانى بعد بضعة شهور ، حتى شعر أن بلاده تحتاج إلى الأساتذة المتفوقين أكثر من حاجتها إلى المهندسين ، فقبل منصب الأستاذية .

وعاد جوزيف هنرى إلى ألبانى عام ١٨٢٦ . وكان في ذلك الوقت شاباً ذا مظهر أخاذ : له شعر أشقر متموج ، وعينان نافذتان زرقاوان ومظهر الممثل . وخلف هذا المظهر كانت تكن المواهب الأساسية للبحاث ، والقدرة على تحليل وتبسيط الآراء والأفكار الكبيرة .

كان الجدول المعد له للتدريس كبيراً ، فكان الوقت الوحيد

الذى يختطفه لإجراء بحوثه فى أثناء عطلة الصيف ، وذلك عندما يسمح له بتحويل أحد فصول الدراسة إلى معمل ، وفى نهاية شهر أغسطس بعيداً تجهزته إلى المخزن وتعود المقاعد إلى أماكنها فى الفصل .

كان أول ما قام به هو بناء مغناطيس كهربى على طريقة ويليام سترجيون الإنجليزى . وكان مغناطيس سترجيون عبارة عن قضيب من الحديد مغطى بطبقة من اللك المصفى ، وحول هذا القضيب يلف سلك عارى بحيث لا يتلامس . ثم ثنى سترجيون القضيب وجعله على هيئة حدوة الحصان ، وكان من الممكن أن تتجذب قطعة من الحديد تزن سبعة أرطال إلى المغناطيس طائرة فى الهواء عند مرور التيار الكهربى فى السلك ، ثم تسقط مرة أخرى إلى الأرض عند توقف التيار . وفى إحدى عطلات الصيف شيد هنرى فى فصله مغناطيساً يمكنه رفع طن من الحديد . وبدلاً من أن يعزل الحديد ، عزل هنرى السلك بعناية ، مما سمح له أن يلف السلك متقارباً من بعضه وبذلك حصل على أكبر عدد من لفات السلك حول القضيب الحديدى . وقد شرح هنرى جهازه هذا فى « مجلة العلوم الأمريكية » ، التى كان يصدرها بنيامين سيليمان من ييل .

وقد قادت هذه التجارب عن الكهربية المغناطيسية هنرى إلى مسألة توليد الكهرباء من المغناطيسية . وكانت ظاهرة تولد



مجال مغناطيسي ثابت من تيار كهربائي مستمر قد أدت بمن سبقه من العلماء والباحثين إلى الاعتقاد بأنه من الممكن أن يولد المجال المغناطيسي الثابت تياراً كهربائياً مستمراً . وكان الاختبار المعتاد هو لف طول معين من السلك حول قطعة حديد ممغنطة ، ثم حرك طرفي السلك معا وانتظار حدوث شرارة كهربائية . وكان العمل الكبير الذي حققه هنري هو قدرته على أن يتنبأ بأن حل هذه المسألة لا يأتي عن طريق مجال مغناطيسي ثابت ، ولكن في مجال مغناطيسي متغير .

وفي التجربة التي أجراها هنري استخدم مغناطيسه الكهربائي الذي على شكل حلقة الحديد والصلب وقطعة من الحديد الزهر ، سماها ذراعاً ، تصل قطبي المغناطيس ، ولف حول الذراع سلكاً نحاسياً معزولاً طوله حوالي ٣٠ قدماً ويتصل طرفاه بجللفانومتر على بعد حوالي ٤٠ قدماً . وبذلك كان لديه ملفان مستقلان تماماً ، أحدهما ملف المغناطيس وهو متصل بالبطارية والملف الآخر متصل بالجللفانومتر . واستعد لإجراء التجربة . وكتب أخيراً يصف التجربة فقال : « وقفت بجوار الجللفانومتر ، وطلبت من مساعدي أن يوصل البطارية المتصلة بالمغناطيس » . وعندئذ حدثت المعجزة . « انحراف الطرف الشمالي لإبرة المغناطيس ٣٠ درجة ، دالاً على مرور تيار في السلك الملفوف حول الذراع » .

ولابد أن يكون هنرى قد أصيب بخيبة أمل بعد ذلك بلحظة واحدة . وذلك أنه على الرغم من استمرار مرور التيار في ملف المغناطيس ، فقد عادت إبرة الجلفانومتر إلى وضع الصفر . ثم أشار إلى مساعده لقطع التيار ، ولدهشته تحركت الإبرة في لحظة قطع الدائرة مرة أخرى ولكن في الاتجاه المضاد لانحرافها الأول .

وفي الحال أدرك هنرى السبب في هذا التصرف غير المتوقع . إنه في أثناء تغير المغناطيسية في الذراع من الصفر إلى كامل قوتها عند قفل الدائرة ، وكذلك من كامل قوتها إلى الصفر مرة أخرى عند فتح الدائرة ، عند ذلك فقط يحدث شيء ما في الملف الثانوى . ولخص هذا التأثير كما فهمه على النحو التالى « إن تيارا مؤقتا في هذا الاتجاه أو ذاك يصاحب أى تغير في شدة مغناطيسية الحديد » .

وبذلك كان هنرى قد أثبت أن تيار حث يحدث في أى سلك في مجال متغير . وبعد ذلك بقليل كشف أن « أى سلك » ، قد يعنى كذلك نفس السلك الذى خلق المجال فى أول الأمر . وفى عام ١٨٢٩ كان قد لاحظ الحث المغناطيسى للتيار على نفسه — وهو ما يسمى اليوم الحث الذاتى . وكان استخدامه لهذه الظاهرة فيما بعد فى أثناء التجربة أمام فاراداي وهويتستون هو الذى أذهل العالمين .

\* \* \*

والآن فإن هذا العمل العظيم ، وكثير غيره ، قد تم في خلال الصيف في أعرام متتالية قبل عام ١٨٣١ ؛ غير أن أول ما كتب أو عرف عن هذا العمل لم يكتب ، مع الأسف الشديد ، إلا في عام ١٨٣٢ . كان هنرى يعلم أنه يشغل في أصعب مشكلة تواجه العلماء في ذلك الوقت ، وكان يعلم أنه قد حل المشكلة قبل أى شخص آخر ، ولكنه لم يكن لديه أى اتصال شخصى بالعلم كهنة ، وكان العلماء الأوروبيون والذين كان يعرف أسماءهم يبدون له كما لو كانوا في أبراج عالية . ولذلك فقد تردد في نشر أية نتائج لبحوثه إلا بعد تجميع كمية كبيرة من البيانات . وكان تواضعه في الواقع نتيجة لكبريائه غير الواعى بعقريته التى كان يرجو أن تقبل على علاقتها . وكان بالإضافة إلى ذلك مشغولاً جداً ولا يجد الوقت الكافى لكتابة نتائج أبحاثه وإعدادها للنشر .

وقد ظل إلى آخر أيام حياته آسفاً لأنه لم ينشر نتائجه ، وكان يقول « كان يجب أن أنشر مبكراً » . « كان يجب أن أنشر ، ولكن لم يكن لدى متسع من الوقت » كان من الصعب القيام بكل ذلك العمل ا كنت أريد أن أنشر نتائجى في شكل مقبول ، وكيف كان لى أن أعلم أن شخصاً آخر في الجانب الآخر من الأطلنطى كان يقوم بنفس البحوث ؟ » .

وجاءت الصدمة في مايو عام ١٨٣٢ . كان مازال على ثقة بأنه يسبق العالم بعدة سنوات وبعمل عظيم ، عندما التقط صدفة مجلة علمية بريطانية وقرأ فيها فقرتين وإذا بالمجلة تسقط من يديه : لم يعد متقدماً على أحد بسنوات . كان فاراداي قد نشر كشفه المستقل عن الحث الكهربي المغناطيسي .

كان بحث فاراداي الذي نشره عام ١٨٣٢ مبنياً على النتائج التي حققها في الحث السابقي . ومع أن هنري كان متقدماً على فاراداي بعدة سنوات ، إلا أنه شعر في ذلك الوقت أن النشر قد أصبح غير ذي موضوع ، وغلبه اليأس . غير أن سيليمان كان قد سمع ببحوث هنري فاستمر في الإلحاح عليه لكي يرسل وصفاً لها للمجلة العلمية الأمريكية . وأخيراً بدأ هنري في إعداد وكتابة سلسلة بحوث كان لها الفضل في احتفاظه بمكانته العلمية التاريخية ، ولو أن ذلك تم بعد وفاته .

ولم يكن قد أتيح للعلم الأمريكي أن يحقق نصراً عالمياً منذ قام بنيامين فرانكلين ببحوثه العلمية . وكانت الجمهورية الناشئة في غاية الحساسية بالنسبة للسلوك الأوروبي تجاهها وأن أمريكا ليس لديها من الثقافة ما تمنحه للعالم . ولذلك ، وبدلاً من الشعور بالعطف على هنري في موقفه هذا ، فإن كثيراً من أصدقائه وجهوا إليه اللوم

لتخلفه في نشر نتائج بحوثه في الوقت المناسب ، ونعتوه بأنه لا يشعر بالمسؤولية وأنه غير وطني . ولكن كان هناك قليلون فهموا الموقف على حقيقته ، وبدلاً من توبيخه ، أتاحوا له فرصاً أكبر لإجراء بحوثه ، وذلك بتعيينه عضواً في هيئة تدريس جامعة پرستون .

\* \* \*

وعندما كان هنري مايزال في ألباني كشف مجدد التيار الكهربائي . وقد استخدمه لخلق أول تلفراف كهربائي مغناطيسي سابقاً صامويل مورس بخمس سنوات على الأقل . وكان جهاز الإشارة عند هنري عبارة عن جرس . ولم ينشر قط تفاصيل المجدد كبحت مستقل ، ولكنه كان يحاضر عن أهميته التطبيقية ، وكان بالنسبة له مجرد تعديل وتخوير وتطبيق للنظريات الأكثر عمقاً التي كان قد أعلنها . وصف هذا الجهاز لمورس وهويتستون ، وهو مخترع التلفراف الإنجليزي ، وقد استخدم الرجلان هذا الجهاز بحرية .

وكان مجدد التيار الذي اخترعه هنري عبارة عن مغناطيس على شكل حدوة الحصان ويلتف حوله سلك الإرسال التلفرافي الطويل . ويتصل بقطبي المغناطيس ذراع حديدي متحرك يجذب نحو المغناطيس كلما وصلت إشارة كهربية . وكلما تحرك الذراع

إلى أسفل وإلى أعلى تفتح وتغلق دائرة أخرى بهابطاريتها الخاصة .  
ويوجد في الدائرة الثانية إما جهاز للطبع وإما ملف حدوة حصان  
تابعة لمحدد آخر بحيث تقوى الإشارة لإعادة إرسالها مرة أخرى .  
وقد بقي هذا المحدد دون تغيير يذكر إلا في بعض التفاصيل  
الميكانيكية .

وشيد هنرى فى پرنتون جهازاً تـلـغـرافياً كبيراً وأرسل  
إشارات عبر سلك طوله ميل ، وذكر أن المحددات المتتالية تسمح  
له بامتداد الدائرة إلى مسافات لا نهائية . واستمر فى بحوثه عن  
الحث وحقق نجاحاً كبيراً فى فهم تفاصيل هذه الظاهرة . وفى إحدى  
الصفحات وصف ما يعتبر فى الواقع الأساس النظرى للحول  
الكهربى : « يتكون الجهاز الذى استخدم فى التجربة من عدد  
من الملفات المسطحة المكونة من أسرطة نحاسية . . وقد رتب  
الملف رقم ١ بحيث يستقبل التيار من بطارية صغيرة ، ووضع  
الملف رقم ٢ فوق هذا الملف وبينهما قطعة زجاج تـضـمـن العزل  
التام ؛ فكلما تقطعت الدائرة الأولى ، ينتج تيار حث قوى فى  
الدائرة رقم ٢ . . ومع ذلك فالصدمة فى هذا الملف كانت ضعيفة  
وكنت تقريباً أحسها فى أصابعى . . وبمعنى آخر فإن التيار قد  
ازداد ولكن القول انخفض . « فإذا أبقينا الملف رقم ١ كما هو ،  
وأبدلنا بالملف رقم ٢ آخر أطول منه ؛ بهذا تكون القوة

المغناطيسية أقل بكثير ، ولكن الصدمات أكثر قوة . . . وبذلك  
كان قد أضعف التيار ولكنه زاد القول .

\* \* \*

ولم يكن معاصرو هنرى يفقهون إلا النزر اليسير عن الكهرباء  
والدوائر الكهربائية مما جعلهم لا يقدرّون بحوثه إلا ما أمكنهم فهمه  
منها . وكان هنرى فى نظر الذين قرأوا المجلة الأمريكية للعلوم  
- وكان توزيعها ضئيلاً - قد أضاف مجرد تعديل بسيط إلى المغناطيس  
الكهربى . ولم يدركوا تعمقه الجوهري فى المحول ، ولذلك فقد أهملوه  
لعدة سنوات . وكان الذين يهتمون بقراءة المجلة الأمريكية من  
الأوربيين قليلون جداً . وأعيد نشر بحوث هنرى الأصلية فى  
إنجلترا بعد عشر سنوات ، ولكن ذلك لم يضيف عليها سوى  
تقدير سطحي .

نادراً ما استخدم هنرى الرياضة فى تحليله للظواهر الفيزيائية .  
وفى عهده لم يكن قانون أوم - الذى يدرس الآن فى المدارس  
الثانوية - قد وضع فى شكله الكى ، وكانت تحليلات هنرى قوية  
ولكنها كانت نوعية أكثر منها كمية . كانت الجهود تقاس بطرق  
نسبية وذلك بشدة الصدمة التى يحسها القائم بالتجربة ، وكانت  
شدة التيار تقاس بوسائل كيميائية ، فإذا كانت ضعيفة

جداً ، فقام بإحساس المحوذة الذى تحدته فى فم القائم بالتجربة . وكان هنرى يقيس الجهود الضعيفة بصدمتها فى لسانه . ومع أنه كان بذلك يحصل على كميات نسبية إلا أنه توصل إلى الشكل الأسى الصحيح لنمو التيار واختفائه فى دائرة حث .

وحقق هنرى آخر أعماله العظيمة فى دراساته للكهرباء عام ١٨٤٢ ، فقد تمكن فى ذلك العام من إرسال موجات لاسلكية . وكان ذلك فى وقت يسبق تجارب هنريش هيرتز الشهيرة بنصف قرن . لاحظ هنرى أن تأثير الشرارة يمكن أن يلاحظ بوساطة دائرة موازية على بعد ٣٠ قدما . وكانت الملفات التى تنتج الشرارات تعمل فى الطابق الثانى من المبنى الذى به معمله ، وكانت الإبر المغناطيسية فى البدروم ، وتم التأثير خلال ٣٠ قدما من الهواء وطبقتين من السقف سمكهما ١٤ بوصة . وتدل الفقره التالية من بحثه على أنه كان يدرك أن هذه الظاهرة عبارة عن موجات وأنها شبيهة بظاهرة انتقال الضوء .

ويظهر أن انتقال شرارة واحدة يكفى لإحداث اضطراب محسوس فى كهرباء الفضاء خلال مكعب لا تقل سعته عن ٤٠٠,٠٠٠ قدم ؛ وعندما نعتبر أن الشرارة ( تتذبذب ) . . فإنه يمكننا أن نستنتج أن انتشار الحركة فى هذه الحالة يمكن مقارنته فى الغالب



بانتقال حركة الشرارة التي تحدث من الحجر والصلب في حالة الضوء. .  
وفي عام ١٨٤٦ انتهت أعمال هنرى في البحوث العلمية ، فقد  
كانت حكومة الولايات المتحدة تبحث عن مدير لمعهد سميتسونيان  
الذى أنشئ حديثا ، وعين هنرى في ذلك المنصب . وكان معنى  
قبوله أن كل وقته سوف ينصرف إلى الأعمال الإدارية . ولكن  
هنرى شعر أن ذلك المنصب سوف يتيح له الفرصة لجمع شمل العلم  
الأمريكى . وكان قبل ذلك بعشرين عاما قد أحس بواجب القيام  
ببحوث علمية فترك مهنة الهندسة ، والآن يشعر مرة أخرى  
أن من واجبه أن يهجر البحث لكي يعمل كأول مدير علمى قوى .

\* \* \*

وعندما كان هنرى فى الخمسين من عمره كان يعتبر أحد قادة العلم  
فى أمريكا . ولكن معاصريه كانوا يعتبرونه مديرا علميا : مدير  
معهد سميتسونيان والمستشار العلمى لأبراهام لنكولن خلال الحرب  
الاهلية ، والرجل الذى ذهب إليه العلماء الشبان من أمثال مورس  
والكسندر جراهام بيل للحصول على تشجيعه وتأييده . ولم يكونوا  
يعرفونه كالعالم البحاث الذى أمضى خمسة عشر عاما فى البحوث  
الكهربية المغناطيسية سبق بها عصره وتقدم عليه .

وكان هنرى فى عمله مديرا لمعهد سميتسونيان يتناول كثيرا

من المجالات . وضع مشروعا لإعطاء معلومات عن حالة الجو ، وهو المشروع الذى تطور فيما بعد وأصبح المكتب الجوى للولايات المتحدة ( مصلحة الأرصاد الجوية ) ، واستحث جيمس ليك لتأسيس مرصده الشهير فى كاليفورنيا . واشترك فى عدة لجان حكومية استشارية ، ومنها اللجنة التى اختبرت فى عام ١٨٥٠ تصميمات صنع مركب حربي حديدي لبحرية الولايات المتحدة . وكان هنرى أول من أوصى بقبول التصميم ، ولكن نصيحته أهملت ، وعندما قامت الحرب الأهلية عادت الحكومة فوافقت على التصميم وبذلك شيدت « المرمك » .

وكانت بيانات الأرصاد الجوية تجمع فى معهد سميثسونيان بالتغراف من ٥٠٠ راصد فى جميع أنحاء البلاد شرق نهر المسيسيبي ، وكلما وصل تقرير تلغرافى من منطقة محلية كان يثبت قطعة صغيرة مستديرة من الورق المقوى فى مكانها على خريطة كبيرة للبلاد . وكانت الألوان المختلفة تدل على المطر والثلج والجو الصحو والسحب . وقد وجد هنرى أن العواصف تتحرك نحو الشرق بمعدل ٢٠ إلى ٣٠ ميلا فى الساعة ، وبالتالي فقد شرح أهمية وفائدة الخرائط الجوية للمزارعين ، ورجال السكك الحديدية وشركات الملاحة .

وكان هنرى أول من درس درجة الحرارة النسبية للبقع

الشمسية، في عام ١٨٤٨ عرض صورة للشمس على لوحة واستخدم  
مشعاً صغيراً جداً لقياس درجة الحرارة النسبية لكل نقطة  
على صورة الشمس واكتشف أن صور البقع أبرد من المناطق  
المحيطة بها .

\* \* \*

وكان تطور المحرك في العقد الأخير من حياة هنرى هو ابتداء  
استخدام التيار المتغير . وعندئذ فقط بدأ الناس في العودة إلى أبحاث  
هنرى وتقدير قيمتها . وقد أدت نظرية ماكسويل الكهربية  
المغناطيسية إلى إعادة النظر في تصريح هنرى عن أن انتشار الكهرباء  
في الفضاء يشبه انتقال الضوء . وأعانت تجارب هيرتز الباحثين  
على أن يعيدوا النظر وأن يدركوا أن هنرى كان يبعث بإشارات  
من الذبذبات الشرائية ويستلمها على دوائر بدائية . وقد نال هنرى  
كل تكريم بعد وفاته وبذلك كان على الإنسانية أن تمنى ٤٠ عاماً  
لكي تدرك وتفهم وتقدر ما قام به من أعمال وبحوث .





## جيمس كلارك ماكسويل

بند جيمس ر. نيومان

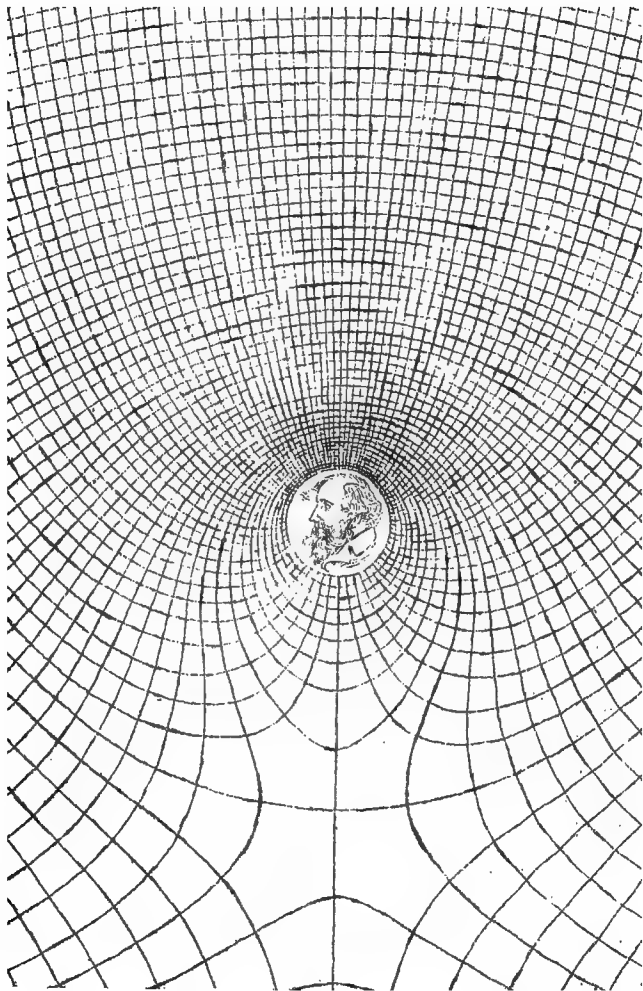
**فتح** جيمس كلارك ماكسويل ، أعظم عالم للفيزياء في القرن التاسع عشر ، عهداً جديداً في العلم ، ويرجع إليه الفضل في كثير مما يميز عالم اليوم عن عالمه هو . ولما كانت أروع كشافه ثمرة بحوث نظرية غير تطبيقية ، فإنه غالباً ما ينظر إليه كنال للعالم الذي يشيد نظمه بالقلم والورق . ولكن هذا الفهم غير صحيح ، فقد كان ماكسويل يجمع بين بصيرة فيزيائية نافذة ومقدرة رياضية هائلة . وبينما كان ينفذ إلى أعماق الظواهر الفيزيائية لم تكن تفوقته المشاهدات أو الملاحظات التي تستحق الشرح . وكان هذا الجمع والربط بين الواقع الملموس والأمور المجردة هو أكبر ما يميز معظم بحوثه .

ولد ماكسويل في مدينة أدنبرة يوم ١٣ نوفمبر عام ١٨٣١ ، وهو العام الذي أعلن فيه فاراداي كشافه الشهير عن التأثير الكهربي المغناطيسي . ونشأ في أسرة أسكتلندية قديمة اشتهر أفرادها بالفردية ، التي قد تصل إلى حد الشذوذ ، كما اشتهروا أيضاً

بالمواهب (فكان منهم قضاة محترمون، وسياسيون ، وأصحاب مناجم،  
وتجار ، وشعراء ، وموسيقيون ) . وكان هر الابن الوحيد لمحام  
لم يهتم كثيراً بمزاولة مهنة المحاماة بل وجه اهتمامه نحو إدارة مزرعته  
الصغيرة ، واشترك في إدارة شئون المقاطعة ، وركز اهتمامه وحبه  
على تربية ولده . كان والدما كسويل رجلاً بسيطاً ولطيفاً يميل  
إلى المرح ولديه شغف بالمسائل الميكانيكية . وقيل عن أمه إنها  
كانت « ذات مزاج حاد » .

أمضى جيمس ، كما كانوا يسمون الطفل ، فترة طفولته المبكرة  
في مزرعة العائلة في جلينلير ، وهي تبعد مسيرة يومين بالعربة عن  
مدينة إدنبرة . وكان قصير النظر ، مليئاً بالحياة ، محبوباً ودوداً ،  
كثير التساؤل كوالده ومغرم بالآلات مثله كذلك ، وكان هدفه  
دائماً أن يعرف « كيف تعمل » . وكثيراً ما كان يسأل « كيف تعمل  
هذه الآلة ؟ » ، فإذا لم تشفه الإجابة ، كان يضيف « ولكن كيف  
تعمل بالذات ؟ » . وكان أول اختراعاته مجموعة من الأرقام « لعبطة  
الحياة » ، وهي لعبة علمية يخيل للناظر إليها أنها تتحرك باستمرار ؛  
وكان مغرمًا بعمل الأشياء بيديه ، وبعد ذلك ، عندما كبر ، عرف  
كيف يصمم النماذج التي تحتوى على أكثر الحركات تعقيداً ،  
وغيرها من العمليات الفيزيائية .

ماتت أم ما كسويل بمرض السرطان عندما كان في التاسعة من



عمره ، وهو المرض الذى قضى عليه بعد ذلك بأربعين عاماً . وقد  
وحد موت الأم وقرب بين الأب والابن . بدأ الولد تعليمه بعد  
ذلك بعام واحد فى أكاديمية أدنبرة . وكانت تجاربه الأولى فى  
التعليم أليمة ، فقد كان مدرسه ، وهو رجل أسكتلندى جاف  
اكتسب سمعته التربوية من كتاب وضعه عن الأفعال الإغريقية  
الشاذة ، يطلب من تلاميذه أن يحافظوا على النظام ، وأن يلبوا  
بالمواد العادية ، ولا داعى للابتكار والأصالة . ولم تكن هذه  
الصفات متوفرة لدى ماكسويل . وخلقت ملابسه له مشكلة ، فقد  
وضع أبوه تصميم هذه الملابس وكان يصر على أن تكون ملابسه  
« صحيحة » ، وأن يكون حذاؤه مربع المقدمة وأن يلبس قيصاً ذا شريط  
متعرج . ولذلك فقد سماه زملاؤه من التلاميذ « رافى » ، وكانوا  
يسخرون منه ، ولكنه كان ولداً عنيداً وأمكنه بمضى الوقت أن  
يكتسب احترام زملائه مع أنه استمر يحيرهم بتصرفاته .

\* \* \*

ولقد بدأ اهتمام ماكسويل وشغفه بالرياضيات فى الظهور  
تدريجياً أثناء الدراسة . وكتب إلى أبيه يقول إنه صنع « الجسم  
ذا الأربعة سطوح ومثلثيه الجسم ذا الإثني عشر سطوحاً واثنين آخرين  
من المجسمات التى لا يعرف أسماءها الصحيحة » . وعندما كان فى



الرابعة عشرة من عمره حاز ميدالية الأكاديمية في الرياضيات وكتب بحثاً عن تصميم المنحنيات البيضاوية الكاملة بواسطة الإبر والخيط. وكان صبي آخر عجيب هو ، رينيه ديكارت ، قد سبقه في هذا المجال ، ولكن أعمال ماكسويل كانت أصيلة . وكان يوماً رائداً للأب والابن عندما استمعا إلى بحث الابن عن البيضاويات يقرأه الأستاذ جيمس فوربس أمام الجمعية الملكية في أدنبره ، وقوبل البحث ، كما كتب الوالد في مذكراته : « باهتمام كبير وموافقة عامة » .

وبعد أن أمضى ماكسويل ست سنوات في الأكاديمية دخل جامعة أدنبره . وكان عمره ١٦ عاماً ، لا يستقر ، غامض ، ذو موهبة خارقة ، يكتب شعراً غريباً عن مصير المادة والطاقة عندما تتجمد الأرض والشمس وتندثر كل طاقاتها  
سوف تتلاشى المادة في الأثير

ويسجل صديقه ومؤرخ حياته لويس كاميل أنه كان أنيقاً « ولو أنه كان يعارض تماماً خيلاء الملابس المنشأة والقفزات ، وأنه كان يصيبه « الرعب من تحطيم أى شيء - حتى مجرد ورقة تسويد » . كان يقرأ بنهم ويمضى وقتاً طويلاً في التأملات الرياضية

وفى التجارب الكيمائية والمغناطيسية والكهربية . « وعندما كان يجلس إلى المائدة كان يبدو بعيداً عما يجري ، منغمساً فى ملاحظة تأثير الضوء المنكسر خلال الزجاج ، الذى يصنع مطيافاً غير مرئى ، وما إلى ذلك من الأمور . وكثيراً ما كانت عمته الآنسة كاي تصرخ فيه لتجذب انتباهه قائلة « جيمس ، إنك سارح فى فرض رياضى » .

وكان ماكسويل ، فى أثناء وجوده فى أدنبره يواظب على حضور اجتماعات الجمعية الملكية ، ونشر فى مجلتها اثنين من بحوثه أحدهما « عن نظرية المنحنيات الدوارة ، والآخر « عن توازن الأجسام المرنة » . ولم يكن يقرأ هذه البحوث بل كان يتلوها غيره من الأعضاء فى الجمعية الملكية ، لأنه لم يكن من الملائم أن يصعد صبي فى ستره مستديرة إلى المنصة هناك » . وفى أثناء عطلاته التى كان يقضيها فى جلنلير ، كان يكتب إلى أصدقائه عن مختلف أعماله . وكان الكثير من رسائله يعبر عن شغفه الشديد بالفلسفة الأخلاقية ، مما يعكس تعاطفه الاجتماعى وغيرته المسيحية ، وذلك الحائط الذى لم يكن شيئاً غير عادى فى القرن التاسع عشر ألا وهو العقل والإيمان البسيط . فقد كان الناس يعتقدون فى ذلك العصر أنه يمكنهم دراسة مسائل الحكمة والسعادة والخير كما يدرسون الضوء والميكانيكا .

وفي عام ١٨٥٠ التحق ماكسويل بجامعة كامبردج وتتلذذ على  
يدي ويليام هوبكنز الذي كان يعتبر أفند مدرسي الرياضيات في  
عصره ، فأعده لامتحان في الرياضة يتنافس فيه أنبغ الطلبة  
وأبرعهم . وكان هوبكنز قد أدرك منذ اللحظة الأولى مواهب  
الشاب الإسكتلندي ذى الشعر الأسود ، ووصفه بأنه « أعجب  
رجل قابلته » ، ثم أضاف « إنه يبدو من المستحيل عليه أن يفكر  
تفكيراً غير سليم في المسائل الفيزيائية » .

وكان ماكسويل يبدى من الاهتمام بالنشاط الاجتماعى والثقافى  
في الجامعة قدر ما كان يعمل بمجد واجتهاد في تحصيل العلم والدراسة .  
وقد انتخب عضواً بنادى الحوارين ، وهو ناد يضم ١٢ عضواً ، وظل  
عدة سنين يضم نخبة ممتازة من أشهر شباب كامبردج . وقد وصفه أحد  
معاصريه بأنه « أكثر الزملاء بهجة وظرفاً وواضع نظريات كثيرة عجيبة ،  
وناظم للكثير من القطع الشعرية » . ولم تكن أقل نظرياته غرابة  
هى تلك النظرية المتعلقة بأوقات النوم ، فقد كان ينام من الخامسة  
بعد الظهر إلى التاسعة والنصف ، ثم يقرأ بغزارة من العاشرة إلى  
الثانية صباحاً ، ثم يقوم ببعض التمرينات الرياضية وخاصة الجرى  
في الممرات وعلى السلام من الثانية إلى الثانية والنصف صباحاً ثم  
يعود إلى النوم مرة أخرى من الثانية والنصف إلى السابعة صباحاً .  
ولم تعجب هذه التصرفات زملاؤه من سكان بيت الطلبة ، ولكن

ما كسويل أصر على تجاربه الغريبة . وكان أحد مباحثه الأخرى هو دراسته للطريقة التي تنزل بها القطرة دائماً على أقدامها ، إذ أوضح أن القطرة يمكنها أن تعيد نفسها إلى الوضع الطبيعي تماماً حتى ولو أسقطت في وضع مقلوب على مائدة أو سرير من ارتفاع بوصتين .

وفي صيف عام ١٨٥٣ أصابه « نوع من الحمى الخفية » . وظل ما كسويل مريضاً عدة أسابيع ولازمته آثار هذا المرض فترة طويلة بعد إبلاله منه ، ولا شك أن تلك الفترة كانت من الأوقات العصيبة بالنسبة له ، ولكن أسبابها ظلت خافية غير معروفة . وكل ما يعرف عنها أنها أدت إلى زيادة إيمان ما كسويل الديني ، وهو ورع عميق مخلص ، يقرب من الكاثنية الاسكتلندية ولكنه لا يمكن أبداً تشبيهه بأى نظام أو طائفة خاصة . وكان من عادته أن يقول : « إننى لا أحتمل الهرطقة » .

وفي يناير عام ١٨٥٤ دخل ما كسويل امتحان المسابقة في بيت السينت بكامبريدج ، وقد لف بطانية حول رجليه وقدميه ، حسب نصيحة والده . لكي يخفف من حدة البرد القارس ، وكانت حرارته مرتفعة . ومع ذلك كان تربته في المسابقة الثاني ، وكان الأول هو الرياضى الشهير إدوارد روث ( وفي مسابقة أخرى بكامبريدج ،

للحصول على « جائزة سميث » ، حيث كانت مواد الاختبار أكثر تقدماً ، حصل ماكسويل وروث معاً على المكانة الأولى .

\* \* \*

وبعد حصوله على شهادته ، بقي ماكسويل مدة عامين في ترينتي ، يدرس ، ويحاضر ، ويعطي دروساً خاصة للتلاميذ ، ويجرى تجارب في علم الضوء . وقد صمم نحلة ذات أقراص ملونة لدراسة اختلاط الألوان ، وقد أمكنه أن يثبت أن تركيباً مناسباً من ثلاثة ألوان أولية — وهي الأحمر والأخضر والأزرق — ينتج عنها « لدرجة قريبة جداً من التقريب » كل ألوان الطيف تقريباً . وحصل أخيراً على ميدالية رامفورد من الجمعية الملكية نتيجة بحوثه هذه عن الإحساس بالألوان .

ولعل أهم نشاط زاوله ماكسويل في العامين اللذين لحقا تخرجه ، وهما العمان اللذان قضاهما في ترينتي ، كان قراءته لكتاب فاراداي عن « بحوث تجريبية » ، وكذلك هذه دراساته في الكهربية ، وهي الدراسات التي أدت إلى أعظم كشوفه . وقبل مغادرته ترينتي نشر أول عمل كبير له وهو بحث جميل « حول خطوط القوى لفاراداي » . وفي عام ١٨٥٦ عين ماكسويل أستاذاً لكرسي الفلسفة الطبيعية بكلية ماريشال بمدينة أبردين ، وكان من ضمن الأسباب التي حدثت

به إلى التقدم لهذا المنصب رغبته في أن يكون بقرب والده الذي كانت صحته قد أخذت في التدهور ، ولكن أباه مات قبل تعيينه في منصبه الجديد بيضعة أيام . وكانت وفاة أبيه صدمة له وخسارة لا تعوض ؛ فقد كان دائماً قريين من بعضهما البعض ، كما يجب أن يتقارب الأب وابنه . وفي أبردين استأنف ماكسويل بحوثه في الكهرباء . وكان عمله في التدريس خفيفاً . ومع أنه كان يأخذ التدريس مأخذ الجد إلا أنه لا يمكن القول إن ماكسويل كان مدرساً عظيماً ؛ فقد كان يجد صعوبة مع الفصول التي لا تتميز بالذكاء . ولم يستطع أن ينفذ النصيحة التي كان قد قدمها لصديق له كان عليه أن يلتقي موعظة في إحدى المقاطعات ، عندما قال له : « لا تثقل عليهم واجعلها خفيفة على قلوبهم » .

واضطر ماكسويل إلى قطع دراساته في الكهرباء التي كان يجريها في أبردين مدى عامين تفرغ فيما للإعداد لمسابقة أجرتها جامعة كامبريدج للحصول على جائزة عن بحث حول حلقات الكوكب زحل . هل هذه الحلقات صلبة ، أم هي مائية ؟ أو هل تتكون هذه الحلقات من كتل من المادة غير متماسكة ؟ وكان على الباحث أن يثبت أى نوع من هذه التركيبات للحلقات يمكنه أن يفسر تفسيراً سليماً حركة واستمرار هذه الحلقات . واستطاع ماكسويل ، في رسالة رائعة تقع في ٦٨ صفحة ، وصفها سير جورج

أيرى ، عضو المرصد الملكي ، بأنها أعظم ما رأى من تطبيق  
للرياضيات ، استطاع ماكسويل أن يبرهن على أن التركيب الوحيد  
الثابت لابد وأن يتكون من جسيمات غير متماسكة . ونالت رسالته  
الجازئة ولكنها أيضاً أرست مكانته كأحد قادة الفيزياء الرياضية .

ولقد أثارت بحوثه عن زحل شغفه بنظرية حركة الغازات .  
وكان الذين سبقوا ماكسويل في هذا المجال من أمثال رودلف  
كلوزيوس ودانيال برنولي وجيمس چول وغيرهم ، قد نجحوا  
في تفسير كثير من خواص الغازات مثل الضغط والحرارة  
والكثافة ، وذلك بفرض أن الغاز يتكون من جسيمات سريعة  
الحركة ، إلا أنهم لتسهيل معالجة الموضوع رياضياً افترضوا أن كل  
جسيمات الغاز تتحرك بنفس السرعة . وقد وجد ماكسويل أن هذا  
الفرض لا يمكن قبوله ، وذلك لأن التصادم بين الجسيمات لابد  
أن يعطيها سرعات مختلفة . فإذا كان لعلم الغازات أن يتطور  
على « أسس ميكانيكية سليمة » فلا بد ، كما قال ، من أخذ هذا العامل  
في الاعتبار ، ولا بد من إدخاله في المعادلات الرياضية التي تعالج  
قوانين حركة الجسيمات .

وأخذ ماكسويل في دراسة رياضية لمجموعة من الجسيمات  
المتصادمة باعتبارها « كريات صغيرة صلبة وقائمة المرونة لا تأثير

لإحداها على الأخرى إلا في أثناء التصادم ، . ولما لم يكن من الممكن تناول هذه الجزيئات الكثيرة منفردة كل على حدة ، فقد أدخل الطريقة الاحصائية في تناولها ، فافترض أن توزيع السرعات بين جزيئات الغاز إنما يتبع المنحنى الشهير لتوزيع الذبذبات والذي يشبه الجرس في شكله ، والذي ينطبق أيضاً على كثير من الظواهر مثل عدد الإصابات التي تصيب هدفا ما ، إلى توزيع أطوال الرجال بين مجموعات مختلفة منهم . وهكذا ، فإنه في الوقت الذي قد لا نستطيع فيه تحديد سرعة جزيء واحد منفرد نستطيع وصف سرعة مجموعة من الجزيئات . وعندما استطاع ماكسويل إعطاء وصف كمي لسرعات جزيئات الغاز ، أمكنه التوصل إلى معادلة دقيقة لضغط الغاز . ومن العجيب أن هذه المعادلة لم تختلف عن المعادلة الأخرى التي بنيت على أساس أن لجميع جزيئات الغاز سرعة واحدة ، ولكن أمكن في النهاية التوصل إلى النتيجة السليمة عن طريق التفكير الأسلم . كما أمكن ، بفضل تعميم ماكسويل وبراعته الرياضية ، استخدام وسائله في جميع فروع الفيزياء تقريباً .

ثم أخذ ماكسويل في دراسة عامل آخر كان لا بد من تحديده نظراً لأهميته بالنسبة للصياغة الدقيقة لقوانين الغازات ألا وهو : المسافة التي يسيرها الجزيء ، في المتوسط ، بين كل تصادمين ،



أى متوسط مساره الحر . وفكر أن متوسط المسار الحر للجزيئات  
لأى غاز يمكن قياسه بواسطة لزوجة الغاز، فإذا افترضنا أن الغاز  
يتكون من مجموعات من الجزيئات ذوات السرعات المختلفة والتي  
تتوزع كل مجموعة منها فوق الأخرى ، بحيث يتولد عن هذا احتكاك ،  
فإنه سينجم عن هذا لزوجة الغاز . وعلى هذا يرتبط متوسط المسار  
الحر للجزيئات بلزوجة الغاز على النحو التالى : تصور طبقتين  
من الجزيئات تتزلقان الواحدة فوق الأخرى ، فإذا سار جزيء  
مارق من طبقة لأخرى مسافة قصيرة قبل اصطدامه بجزيء  
آخر ، فإن الجسيمين لا يتبادلان الكثير من العزم ، وذلك لأن  
فرق السرعة بين الطبقتين ، قرب الحدود الفاصلة بينهما يكون ضئيلا .  
ولكن إذا اخترق الجزيء مسافة طويلة فى الطبقة الأخرى قبل  
اصطدامه بجزيء آخر ، فإن مفاضل السرعة يكون أكبر ، وبذلك  
يكون تبادل العزم بين الجزيئين المتصادمين أكبر كذلك . وهذا  
الاستنتاج يعنى أن الغاز الذى له لزوجة عالية يجب أن يكون لجزيئاته  
متوسط مسار حر أطول . وبذلك استنتج ماكسويل الحقيقة  
التي قد تبدو محيرة وهى أن لزوجة الغاز لا تعتمد على كثافته ،  
وذلك لأن زيادة احتمال التصادمات فى غاز كثيف تنقصها حقيقة  
أنه فى مثل هذا الغاز لا ينتقل الجزيء طويلا فى طبقة أخرى قبل  
أن يصطدم بجزيء آخر . ولإيجاد توازن ، إذن ، لا بد أن يبق

العزم المنقول عبر وحدة المساحات في الثانية ثابتا بغض النظر عن الكشافة .

وبذلك وضع ماكسويل تصميما ميكانيكيا للغاز باعتباره مجموعة من الجسيمات المزدحمة « تحمل معها كميات حركاتها وطاقاتها » ، تسير مسافات معينة ، تصطدم ، تغير حركتها ، تستأنف سيرها ، وهكذا . وهكذا أمكن بواسطة هذه الصورة التي أعطاها ماكسويل للغاز التوصل إلى تعريفات كمية دقيقة للخواص المختلفة للغازات ألا وهى اللزوجة والإنتشار وحرارة التوصيل . وكان هذا العمل انتصارا علميا من الدرجة الأولى . وقد وجه الكثير من النقد إلى هذا النموذج على أساس أن جزيئات الغاز ليست صلبة ولا هى تامة المرونة ، مثل كرات البلياردو ، كما أن تأثيرها بعضها على البعض الآخر لا يقتصر على وقت التصادم . ومع كل هذا ، وبالرغم من كل هذه النقائص والأخطاء فى هذا النموذج ، فإن النتائج التى وصفها سير جيمس جينز بأنها « لا بد أن تكون معنة فى الخطأ » قد أثبتت أنها صحيحة للغاية ، وما زال قانون ماكسويل عن سلوك الغازات مستعملا ليومنا هذا .

كان عالم الفيزياء الألمانى لودفيج بولتزمان ، الذى أدرك مغزى وأهمية هذه الكشوف ، قد بدأ فى تنقيح وتعميم برهان

ما كسويل ، وأوضح ان توزيع ما كسويل للسرعات إنما هو الاحتمال الوحيد الممكن لحالة التوازن في الغاز . وحالة التوازن هذه ، كما أدركها كلا الرجلين ، إنما هي الشرط الحركي الحراري لحالة الأتروني أو درجة التعادل العظمى ، أى حالة الاضطراب الكبرى ، التي تصبح فيها كمية الطاقة الصالحة لإعطاء شغل مفيد أقل ما يمكن . وأدى مفهوم درجة التعادل بما كسويل إلى اكتشاف إحدى صور العلم الحديث الشهيرة وهي صورة « الجنية الفارزة » . إن الأتروني المتزايد هو مصير الإنسان لأننا لسنا على قدر كاف من الذكاء . ولكن الجنية قد وهبت القدرة على فرز جسيمات الغاز البطيئة الحركة وفصلها عن الجسيمات السريعة ، وبذلك تحيل الفوضى إلى نظام . كما تحول الطاقة غير النافعة أو التي ليست في متناول اليد إلى طاقة نافعة تحت التصرف . وقد تصور ما كسويل إحدى هذه الجنيات الصغيرة الذكية « تتحكم في باب يتحرك دون ما احتكاك ويفصل بين جزئين من إناء مليء بالغاز . فإذا تحرك جزىء سريع الحركة من اليسار إلى اليمين ، تفتح الجنية الباب ، ولكن عندما يقترب جزىء بطيء الحركة فإنها تغلق الباب . وبذلك تتراكم الجزيئات السريعة الحركة في الجزء الأيمن من الإناء ، والجزيئات البطيئة الحركة في الجانب الأيسر . وبذلك ترتفع درجة حرارة الغاز في الجزء الأول بينما يبرد الغاز الذي في النصف

الثاني ، . وبذلك تحبط الجنية القانون الثاني من قوانين الديناميكا الحرارية . ويقال إن الكائنات الحية تستطيع أن تقوم بمثل هذه العملية إذ يقول إروين شرودينجر إنها تمتص الأنتروبي السلي من بيتها على هيئة الغذاء الذي تأكله والهواء الذي تستنشقه .

وكان كل من ماكسويل وبولتزمان ، وهما يعملان منفصلين ولكن في منافسة هادئة ، قد حققا تقدما ملموسا في شرح وتفسير سلوك الغازات بوساطة الميكانيكا الإحصائية . ولكن قابليتهما بعد مضي بعض الوقت ، عقبات كثود . فهما لم يتمكننا ، مثلا ، من وضع معادلات نظرية دقيقة للحرارة النوعية لبعض الغازات ( الحرارة النوعية هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الغاز درجة واحدة مئوية ) . والتفسير الصحيح لما قابلهما من عقبات لا يمكن أن تقدمه سوى نظرية الكمات التي ظهرت فيما بعد ، وهي النظرية التي أوضحت أن دوران الجزيئات حول نفسها وذبذبتها إنما تأخذ قيما محددة . ولكن لم يكن لنظرية الكمات ولا للنظرية النسبية ولا لغيرها من سبل الفكر التي أدت إلى ثورة في علم الفيزياء في القرن العشرين ، لم يكن لكل هذا أن يأخذ مكانه ويظهر لولا الجهود الرائعة لهذه العالمين في تطبيق الوسائل الإحصائية في دراسة الغازات .

\* \* \*

في فبراير عام ١٨٥٨ ، كتب ماكسويل لعمته الآنسة كاي يقول : « أكتب إليك هذه الرسالة لأخبرك بأنني سوف أتخذ لى زوجة . » ثم أضاف : « ولكن لا تخافى ، إنها ليست متخصصة فى الرياضيات ، ولكنها تتصف بصفات أخرى ، ومن المؤكد أنها لن توقف جهودى فى الرياضيات » . كانت عروسه هى كاترين مارى ديوار ابنة عميد كلية ماريشال . وكان زواجهما موفقاً وثيق العروة ، فكانا ينعمان بالاشتراك فى كثير من الأعمال مثل ركوب الخيل والقراءة والترحال ، كما وجدلها عملاً نافعا له فى تجاربه العلمية . ولم ينجبا أطفالا ولكن هذا زاد من تعاطفهما وحبهما وتقانيهما .

وفى صيف عام ١٨٦٠ انتقل ماكسويل إلى لندن لسكى يعمل أستاذاً للفلسفة الطبيعية فى كاية الملك ، وبقى بها مدة خمسة أعوام . وقد أتاح له سكنه فى لندن فرصة التعرف على فاراداي ، الذى لم يكن يعرفه إلا عن طريق المراسلة ، كما أتاح له التعرف على غيره من العلماء . ولم يكن ماكسويل عن يحبون العزلة ، فقد كتب إلى صديقه ليتشفيلد يقول : « إن العمل والقراءة من الأشياء الطيبة ولكن الأصدقاء أفضل منهما » . وبالرغم من مشاغل ماكسويل الاجتماعية وعمله المرهق فى التدريس بالكلية ، فإن السنوات الخمس التى قضاها فى لندن كانت من أخصب سنى حياته . وقد واصل

فها أبحاثه عن الغازات ، ففي الغرفة الواسعة الواقعة في الطابق الأعلى بمنزله بحى كندسجتون عين لزوجة الغازات وحصل على البيانات العملية التى أيدت نظرياته العلمية . ( وكان يوقد ناراً حتى فى أشد أيام القيظ لى يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة كما كان يضع الغلايات فوق النار لى يملأ بخارها الغرفة . وكانت مسز ماكسويل تعمل وقاداً ) . ولكن بحوثه الرئيسية كانت فى نظرية الكهرباء ، وهى البحوث التى كان قد تركها ردحا من الزمن ثم عاد إليها .

\* \* \*

كانت تجارب فاراداي قد توجت بحوثاً استمرت قرناً من الزمان ( وهى بحوث قام بها كولوم وأورستد وأمبير وغيرهم ) وكانت هذه البحوث قد أثبتت كثيراً من الحقائق عن الكهرباء وعلاقتها بالمغناطيسية ، فقد أوضحت أن الشحنات الكهربائية تتجاذب وتتنافر حسب قانون الجاذبية ( أى أن هذا الجذب أو التنافر يتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما ) ؛ كما أوضحت أن التيار يولد مجالاً مغناطيسياً ، وأن المغناطيس المتحرك يولد تياراً ؛ وأن تياراً كهربياً فى إحدى الدوائر يولد تياراً حث في دائرة كهربية أخرى .

وكان انتباه ماكسويل في ذلك الوقت موجها إلى محاولة تفسير هذه الظواهر . ما هو المجال ؟ وكيف تؤثر الكهرباء والمغناطيسية خلال الفضاء ؟ وكان فاراداي قد اقترح مفهوما جديدا للإجابة عن هذه الأسئلة ، وكانت أفكار فاراداي هذه هي التي أثارت شغف ماكسويل .

كان معظم علماء الفيزياء النظرية قد حاولوا المقارنة بين الكهرباء والجاذبية وسعوا لتفسير هذه الظواهر بوساطة نظرية « العمل من بعيد » . كانوا يتصورون أن أية شحنة ( أو كتلة ) عند نقطة ما في الفضاء تؤثر بشكل غامض في شحنة ( أو كتلة ) عند نقطة أخرى ، دون أية علاقة أو رابطة من أى نوع بين الشحنتين ( أو الكتلتين ) . ولكن فاراداي ، لكي يفسر الكهرباء ، افترض وجود نظام ميكانيكي ، وزعم أن التأثير الكهربى والمغناطيسى إنما يتم خلال خطوط للقوى تنتشر في الفضاء ، وهى ليست مجرد خطوط للقوى وهمية ، ولكنها خطوط فيزيائية واقعية لها خواص الشد والتنافر والحركة وغيرها .

وقد لخص ماكسويل الاختلاف بين وجهتى النظر بشكل رائع حين قال : « بينما كان فاراداي يرى بعين خياله خطوطا للقوى تعبر الفضاء كله ، كان الرياضيون يرون مراكز للقوة تؤثر من بُعد ؛

وبينما كان فاراداي يرى وسطا لم يروا إلا المسافة ، وبينما كان فاراداي يبحث عن أصل الظواهر في عمل واقعي يحدث في الوسط ، كانوا مقتنعين أنهم وجدوا أساس هذه الظواهر في قوة العمل من بعد وتأثيرها على السائل الكهربائي .

كان ماكسويل مؤمنا بمفهوم فاراداي ، ولذلك فقد أخذ على عاتقه تطويره وتنميته . وفي أول بحث له « حول خطوط القوى الفاراداي » ، حاول تصور نموذج يحيط بخطوط فاراداي ، ويمكن التعبير عن سلوكه بالمعادلات والأرقام . وهو لم يدع أن النموذج يمثل واقع الأحوال ، ولكنه كان يشعر أنه من المهم « أن نلم بمفهوم فيزيائي واضح . دون أن نربط بأية نظرية مبنية على العلوم الفيزيائية نستمد منها ذلك المفهوم » . ولعل هذه الوسيلة تجنب الباحث سبلا قد تؤدي به إلى أشياء مجردة أو « تقودنا بعيدا عن الحقيقة نتيجة لوجود افتراض مستحب » .

وقد افترض ماكسويل أنموذجا هيدروديناميكيا أدخل فيه خطوط فاراداي للقوى على هيئة « أنابيب للتدفق » ، تحمل سائلا غير قابل للضغط مثل الماء . ويمثل السائل المتحرك في الأنابيب الكهرباء في حركتها ؛ ويعبر شكل الأنابيب وقطرها عن قوة التدفق واتجاهه ، وتتكاثر سرعة السائل مع القوة الكهربائية ؛ ويمكن



مقارنة اختلافات ضغط السائل باختلاف الجهد الكهربى؛ وعندما ينتقل الضغط من أنبوبة لأخرى بواسطة سطوح الأنابيب المرنة فإن هذا يشبه التأثير الكهربى . وبتطبيق المعادلات المعروفة للهيدروديناميكا على مثل هذا الأنموذج، استطاع ماكسويل تفسير كثير من الشواهد المتعلقة بالكهرباء .

كان هذا بحثا رائعا ، عبر فاراداي عن تقديره له عندما كتب لماكسويل قائلا : لقد خفت أول الأمر عندما وجدتك تعالج الموضوع بهذه القوة الرياضية ، ولكن تملكى العجب عندما رأيت نجاحك فى معالجة الموضوع . ولكن الباحثين الآخرين لم يروا فى هذا البحث كل ذلك النجاح . لقد كان يكتنف الكهرباء ما يكفها من الغموض ولم تكن فى حاجة إلى إضافة أنابيب السوائل غير القابلة للضغط . ولكن ماكسويل ، وقد اعتاد أن يوصف بأطواره الغريبة ، لم يأبه بهذا واستمر فى تطوير آراء فاراداي وأفكاره .

\* \* \*

أما البحث الثانى العظيم لماكسويل فكان « حول خطوط القوى الفيزيائية » . وقد نشره بعد عودته إلى دراسة موضوع الكهرباء فى لندن . وفى هذا البحث وضع تصميما لأنموذج آخر أكثر تكاملا

لكى يفسر به تأثيرات الكهرباء الإستاتيكية ، وكذلك لتفسير  
 التجاذب المغناطيسى والتأثير الكهربى المغناطيسى . وفى هذا  
 النموذج الجديد اعتبر أن « الزوابع الجزئية » التى تدور فى الفضاء  
 إنما هى العوامل التى تولد المجالات المغناطيسية . ويمكن تصور  
 الزوابع الجزئية على أنها أسطوانة رفيعة تدور حول خطوط القوى  
 المغناطيسية . ويرتبط عاملان ميكانيكيان بهذه الأسطوانات وهما :  
 الشد فى اتجاه خطوط القوى ، والضغط الجانبى الناشئ من القوة  
 الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الأسطوانات . وارتباط هذين  
 العاملين ميكانيكيا يولد الظواهر المغناطيسية . إن المغناطيسية  
 عبارة عن قوة تؤثر فى اتجاه المحور كما تؤثر من المحور إلى الخارج .  
 واصل ماكسويل جهوده لكى يوضح كيف أن هذا النموذج  
 العجيب قد يفسر تولد المجال المغناطيسى بوساطة تيار كهربى وكذلك تولد  
 تيار أكهربيا بوساطة مجال متغير ، فافترض أولا أن المجال المغناطيسى  
 الموحد يتكون من جزء من الفضاء ملىء بأسطوانات تدور بنفس السرعة  
 وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » . ولكنه  
 سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور فى نفس الاتجاه  
 . فكلنا يعلم أن دوران اسطوانة أو عجلة فى اتجاه ما يؤدى إلى دوران  
 العجلة المجاورة لها فى الاتجاه المضاد . وهنا خطرت لماكسويل فكرة  
 رائعة . إذن لابد من وجود دكرات صغيرة ، مثل طبقات رمان البلى ،

بين الأسطوانات ( أطلق ماكسويل على هذه الكرات اسم «العجلات الحاملة» ) ، وبذلك أمكن أن تدور الأسطوانات في نفس الاتجاه .

وهنا ، كوفي " ماكسويل على نبوغه إذ أدرك أن هذه الكرات يمكن أن تلعب دورا آخر ذا قيمة أكبر . لماذا لا تمثل هذه الكرات الجسيمات الكهربية ؟ وبذلك يمكن تصور وفهم كثير من الظواهر الكهربية بدراسة الحركة الميكانيكية لهذه الكرات .

ولنضرب الأمثلة التالية : عندما تدور الأسطوانات في مجال مغناطيسي غير متغير ، فإن معدل دورانها يظل ثابتا ، وتحافظ الكرات الصغيرة الدائرة على أوضاعها ، ولا تتدفق الجسيمات ولا يتولد تيار كهربى . ولكن إذا حدث تغيير فى القوة المغناطيسية ، فإن هذا يعنى حدوث تغيير فى سرعة دوران الأسطوانات . وكلما زادت سرعة كل أسطوانة ، فإن هذه الزيادة فى السرعة تنتقل إلى الأسطوانة المجاورة وهكذا . ولكن لما كانت سرعة دوران كل أسطوانة تختلف عن سرعة الأسطوانة المجاورة ، فإن هذا يؤدي إلى انزراع الكرات الموجودة بينها من مواضعها . وهذه الحركة الانتقالية للكرات أو للجسيمات تمثل التيار الكهربى .

وهنا يتخذ هذا النموذج لنفسه حياة خاصة . فبعد أن كان قد

صمم أولاً لتفسير تولد التيارات الكهربائية من التغيرات المغناطيسية ،  
 إذا به يوحى لماكسويل تفسيراً لتولد المغناطيسية من تغير القوة  
 الكهربائية . ولنفرض الآن أن الكرات والأسطوانات في حالة  
 سكون . فإذا أثرت قوة ما في الكرات الكهربائية ، ودفعتها للحركة ،  
 فإن أسطوانات المغناطيسية الملتصقة بها سوف تأخذ في الدوران ،  
 مولدة بذلك قوة مغناطيسية . ويصمد هذا النموذج كذلك أمام  
 التفاصيل . ولتأخذ مثالا واحداً على ذلك . إن دراسة أنموذج  
 ماكسويل تبين أن : الأسطوانات تدور في الاتجاه العمودي لحركة  
 الكرات ، وبذلك يفسر ما شوهد من أن المجال المغناطيسي يعمل  
 في اتجاه عمودي على اتجاه سريان التيار الكهربى ١

ولقد كتب ماكسويل عن أنموذجه هذا فقال : « إننى لا أقدم  
 هذا الأنموذج باعتباره حقيقة واقعة في الطبيعة ولكنه أنموذج  
 يعطى تفسيراً ميكانيكياً يمكن دراسته بسهولة للعلاقات بين الظواهر  
 الكهربائية والمغناطيسية المعروفة ، . ومن بين هذه العلاقات  
 الميكانيكية الأخرى التى أمكن لماكسويل أن يفسرها ، التناظر  
 الكهربى بين سلكين متوازيين يحملان تيارين في اتجاهين متضادين  
 ( حيث أرجع ذلك إلى الضغوط الطاردة المركزية ؛ للأسطوانات  
 الدائرة ، على الجسيمات الكهربائية فى الأنموذج ) ، وكذلك فسر

تيارات الحث ( نتيجة لانتقال سرعة الدوران من أسطوانة إلى أخرى ).

ولم يترك ماكسويل أنموذجه عند ذلك الحد ، إذ كان على هذا الأنموذج أن ينجح في الامتحان الأكبر : وذلك إذا أعطى تفسيراً ميكانيكياً لنشأة الموجات الكهربية المغناطيسية . وهنا يجدر بنا أن نلمّ نتيجته لدراسة موضوع المكثفات والعوازل ، إذا رغبت في أن نلمّ بهذا الموضوع .

كان فاراداي ، في أثناء إجرائه لتجاربه ، قد توصل إلى حقيقة عجيبة ، وهي أن نوع العازل المستخدم في المكثف يؤثر تأثيراً كبيراً في اختلاف سعة المكثف وقدرته على احتواء الشحنة . وكان من الصعب إعطاء تفسير لهذه الظاهرة طالما كانت العوازل متساوية في عدم سماحها للتيارات الكهربية بالمرور . ولكن ماكسويل ، وبفضل أنموذجه ، أمكنه أن يقدم افتراضاً جريئاً يقول إن الجسيمات الكهربية لا تستطيع أن تتحرك بحريتها من أسطوانة لأخرى في المواد العازلة ؛ ومن ثم لا يسرى تيار كهربى . غير أنه كان من المعلوم أن «ظواهر كهربية محلية» تحدث في هذه العوازل . ولذلك ، فقد افترض ماكسويل أن هذه الظواهر إن هي إلا تيارات من نوع خاص ، فعندما تؤثر قوة كهربية على جسم عازل ، فإن

جسيمات الكهرباء تتحزحزح ولكنها لا تنفرط ؛ إنما تنصرف كما لو كانت سفينة ألقت مراسيها في بحر متلاطم ، تحركها الرياح حول مراسها في مسافة محددة ، وإلى الحد الذي تعادل فيه قوة الدفع مع قوة شدتها إلى المرساة . وتنحرك الكرات الكهربائية مسافات محددة حيث تعادل قوة الدفع مع مقاومة الأسطوانات المرنة . وبمجرد أن تتوقف القوة الدافعة ترتد الجسيمات إلى أماكنها الأصلية . وعندما يرتد الجسم فإنه لا يصل إلى موضعه الأصلي بل يتعداه ، ثم يأخذ في الذبذبة حول هذا الموضع الأصلي . وهكذا تنتقل هذه الذبذبة خلال العازل على هيئة موجة . وهكذا يسرى تيار إزاحي لفترة قصيرة ، وذلك لأن الموجة إن هي إلا التيار . وإذا تغيرت القوة الكهربائية المؤثرة على العازل بشكل مستمر ، تولدت موجة إزاحية متغيرة باستمرار ، أى تولد تيار مستمر . وعلى إثر ذلك ، توصل ماكسويل إلى نتيجة تعتبر من النتائج الفاصلة وتتناول العلاقة بين سرعة الموجة الإزاحية أو التيار ، وسرعة الضوء . وهنا علينا أن نعود إلى أبحاث عالمي الفيزياء الألمانين ويلهلم فير وفردريك كوهلراوش عن العلاقة بين قوة الكهرباء الإستاتيكية وقوة الكهرباء الديناميكية . وكانت وحدة شحنة الكهرباء الإستاتيكية تعرف بأنها التناثر الذى يحدث بين وحدتين من الشحنات المتماثلة بينهما وحدة المسافات . أما وحدة

شحنة الكهرباء الديناميكية فإنها تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين طولين معينين من سلكين يحملان تيارين كهربيين ، ويمكن تعيينهما بكمية الشحنة التى تمر عبر أية نقطة فى وحدة الزمن .

ولإيجاد مقارنة بين التنافر بين الشحنات الإستاتيكية والتنافر بين الشحنات المتحركة ، كان لابد من إدخال ثابت للتناسب ، وذلك لاختلاف الوحدات. وقد وجد أن هذا الثابت إنما يمثل سرعة ، وذلك لأن طول السلك ثابت ، وعدد وحدات الكهرباء التى تمر بنقطة معينة يمكن قياسه ، ولذلك فعلى الباحث أن يأخذ فى الاعتبار الطول مقسوما على الزمن وهذا يعنى السرعة . ولقد وجد فير وكوهلراوش أن سرعة انتقال الكهرباء عبر سلك جيد التوصيل تقرب من  $3 \times 10^{10}$  سنتيمتر فى الثانية . وكانت هذه مصادفة عجيبة ، لأن هذا الرقم يكاد يقارب تماماً سرعة الضوء التى سبق تعيينها قبل ذلك ببضع سنوات .

وهنا تابع ماكسويل هذه المصادفة وأيد أولاً نتائج فير وكوهلراوش ، مستخدماً ميزان لى لمقارنة التنافر بين شحنتين إستاتيكيتين وكذلك بين سلكين يحملان تيارين كهربيين ، كما عين فى نفس الوقت سرعة التيارات الإزاحية فى ثنائى التكهرب (أو الجسم العازل) . وجاءت النتائج متطابقة إلى حد كبير . وبمعنى

آخر فإن التيارات الكهربائية في الموصلات الجيدة ، والتيارات  
الإزاحية في الأجسام العازلة ، والضوء في الفضاء ( وهو بالطبع  
جسم عازل ) إنما تنتقل كلها بنفس السرعة . وعندما توصل  
ماكسويل إلى هذا البرهان لم يتردد في تأكيد وجود الشبه بين هذه  
الظواهر وهي التحركات الكهربائية والضوء ، وقال « إننا لا نستطيع  
أن نتجنب هذه النتيجة وهي أن الضوء يتكون من تموجات  
مستعرضة في نفس الوسط الذي يسبب الظواهر الكهربائية  
والمغناطيسية » .

وكان على ماكسويل بعد ذلك أن يطور أنموذجه ، ففي بحثه  
« نظرية ديناميكية للجمال الكهربى المغناطيسى » الذى نشره عام  
١٨٦٤ ، كشف عن البناء الذى كان قد وضع تصميمه ، وكما قال  
سير إدموند هوبكنز : « لقد أزال السقالات التى ساعدته فى أول  
الامر على بناء أنموذجه » ، فقد اختفت الجسيمات والأسطوانات؛  
وحل محلها المجال والآثير ، وهو نوع خاص من « المادة المتحركة  
يتولد عنها ما نشاهده من الظواهر الكهربائية المغناطيسية » . وللمادة  
التي يتكون منها الآثير خواص عجيبة . إنها غاية فى الدقة وقادرة  
على اختراق الأجسام ؛ إنها تملأ الفضاء بوسط مرن ؛ إنها مركبة  
« التوجات الضوئية والحرارية » .

ومع كل ما يمتاز به الآثير من البراعة والمهارة والدقة فإنه



لا يقل في تركيبه الميكانيكي عن الأسطوانات والكرات ، فهو يتحرك ، وينقل الحركة ويتشكل بمرونة ، ويخزن الطاقة الكامنة ( الميكانيكية ) ويطلقها عندما تزول عنه الضغوط التي تسبب تغير شكله . وهو باعتباره تركيباً ميكانيكياً ، كما قال ماكسويل « يجب أن يخضع للقوانين العامة للدinاميكا ، ويجب علينا أن نكون قادرين على معالجة كل آثار حركته ، على شرط أن نعرف العلاقة بين حركات أجزائه المختلفة ، . وقد أخذ على عاتقه مهمة حل هذه المسائل فوصل إلى المعادلات الماكسويلية الشهيرة عن المجال الكهربى المغناطيسى . ولقد ظهرت هذه المعادلات فى شكلها النهائى فى كتابه عن الكهرباء والمغناطيسية الذى يجمع نتائج آرائه وأفكاره وتجاربه خلال عشرين عاماً .

بنى ماكسويل هذه المعادلات على قواعد أربع وهى :

- (١) إذا أثرت قوة كهربية فى موصل تولد تيار يتناسب مع هذه القوة ؛ (٢) إذا أثرت قوة كهربية على جسم عازل تولدت إزاحة تتناسب مع هذه القوة ؛ (٣) يولد التيار الكهربى مجالاً مغناطيسياً عمودياً على اتجاه مرور التيار ويتناسب مع شدته ؛ (٤) يولد المجال المغناطيسى المتغير قوة كهربية تتناسب مع شدة المجال . وهناك تشابه وتناسق عجيب بين القاعدتين الثالثة والرابعة والقاعدة الثالثة .

هى قانون فاراداي للتأثير الكهربى المغناطيسى ، وحسب هذه

القاعدة فإن « معدل تغير عدد خطوط التأثير المغناطيسى التى تمر خلال دائرة كهربية يساوى الشغل المبذول فى نقل وحدة الشحنة الكهربية حول هذه الدائرة » . أما قانون ماكسويل المكمل لهذا ، وهو القاعدة الرابعة ، فإنه يقول إن « معدل التغير فى عدد خطوط القوة الكهربية التى تمر خلال دائرة كهربية يساوى الشغل المبذول فى نقل وحدة القطب المغناطيسى حول هذه الدائرة » .

وعلى هذا الأساس يمكن وضع معادلتين متناسقتين إحداهما تعبر عن الطبيعة المستمرة لل مجالات الكهربية والمغناطيسية ، والأخرى توضح كيف أن التغيرات فى أحد المجالين تؤدي إلى تغيرات فى المجال الآخر .

كيف ، إذن ، يدخل مفهوم المجال فى هذه النظرية ؟ لقد تتبعنا ماكسويل عندما نزع عن أنموذجه الجسيمات والاسطوانات واختزله إلى وسط أثيرى . وهو الآن يكاد ينزع عن الوسط كل صفاته فيما عدا الشكل . إن جميع صفاته قد أصبحت هندسية بحتة . وما هذا إلا مثال كامل للتجريد الرياضى .

إن الأثير ما هو إلا شئ يرتجف إذا ما وخر ، ولكنه لا يأتى فعلا من ذاته . ويتكون المجال الكهربي المغناطيسى من نوعين من الطاقة هما : طاقة كهربية إستاتيكية أو كامنة ، وطاقة

كهربية ديناميكية أو طاقة حركة . ويمكن تصور الاثير ؛ باعتباره  
مكتشفا كونيا ، على أنه يخزن الطاقة ، وفي هذه الحالة ، ولأنه مرن ،  
فإن شكله يتشوه . ولما كان الاثير يملأ الفضاء كله ، فإننا لا نجد  
فارقا سواء تناولنا تيارا حاثا أو تياراً إزاحيا ؛ فالأثير في كلا الحالتين  
يأخذ في الحركة . وهذه الحركة تنتقل ميكانيكيا من أحد أجزاء  
الوسط إلى الجزء التالى له حيث ندركها نحن على هيئة حرارة  
أو ضوء أو قوة ميكانيكية ( مثل التنافر بين الأسلاك ) أو على  
هيئة أية ظاهرة مغناطيسية أو كهربية أخرى . إن القاعدة التى تحكم  
كل هذه الظواهر ، هى قاعدة الشغل الأقل . وهذا هو القانون  
الأكبر للطبيعة الشحيحة ( أن كل شغل فى أى جسم إنما يبدل  
بأقل ما يمكن من الطاقة ) وكان هم ماكسويل الأكبر أن تطبق  
هذه القاعدة على الظواهر الكهربية وإلا استحال تفسيره الميكانيكى  
لهذه الظواهر .

• • •

فإذا أخذنا هذه النقاط فى اعتبارنا ، أمكننا أن ندرس مجموعة  
من معادلات ماكسويل التى تصف سلوك المجال الكهرى المغناطيسى  
فى الفضاء الخالى . وفى هذه الحالة لا توجد مرسلات أو شحنات  
طليقة ، وبنشأ المجال من منطقة أخرى فى الفضاء .

والمعادلة الأولى هي :

$$\text{انفراج ل} = \text{صفر}$$

وتمثل ل قوة المجال الكهربى ، الذى يتغير بتغير الزمان والمكان . وهذه المعادلة تمثل عملية رياضية تعطى معدل التغير . وتعنى هذه المعادلة أن عدد خطوط القوة الكهربائية ( التى تمثل قوة المجال ) التى تدخل أى حجم ضئيل فى الفضاء لا بد وأن يساوى عدد خطوط القوى التى تغادر المكان . أى أن معدل التغير فى عدد خطوط القوى يساوى صفراً ، وأنها لا تخلق ولا تفتنى .

والمعادلة الثانية هي :

$$\text{انفراج م} = \text{صفر}$$

حيث تمثل م المجال المغناطيسى ، وتعطى هذه المعادلة نفس المفهوم السابق ولكن عن المجال المغناطيسى .

والمعادلة الثالثة هي :

$$\text{دوران ل} = - \frac{1}{\text{س}} \times \frac{\text{د م}}{\text{وز}}$$

وهذه المعادلة التى وضعها ماكسويل تمثل قانون فاراداي عن

الحث ، وهى تصف ما يحدث فى مجال مغناطيسى متغير . أما  $\frac{\text{د م}}{\text{وز}}$

فإنها تعبر عن معدل تغير المجال المغناطيسى . فالمجال المغناطيسى المتغير يولد مجالاً كهربياً ، وهذه الحقيقة يعبر عنها الجزء الأيمن من المعادلة . والمعادلة ليست مجرد تحليل ؛ إنها تعطي صورة واقعية عما يحدث . فلنفترض وجود مجال مغناطيسى منتظم فى منطقة ما من الفضاء ، فإن حزمة من الخطوط المتوازية تمثل شدة المجال واتجاهه . فإذا تغير المجال ( بالحركة أو بزيادة أو انخفاض قوته ) ، فإنه يولد مجالاً كهربياً يؤثر فى دائرة حول خطوط القوى المغناطيسية . والشغل المبذول فى تحريك وحدة الشحنة الكهربائية حول الدائرة هو ما يسمى القوة الدافعة الكهربائية حول هذه الدائرة . فإذا كانت الدائرة عبارة عن سلك كهربى فإن الخطوط المغناطيسية المتغيرة تؤدي إلى مرور تيار ، ولكن حتى بدون وجود سلك فإنها تؤدي إلى وجود قوة . فإذا قسمنا هذه القوة على المساحة المحصورة بالدائرة فإن هذا يعطينا القوة الدافعة الكهربائية ( لوحدة المساحات ) التى تدور حول الدائرة . فإذا تصورنا أن الدائرة أخذت تصغر رويداً رويداً إلى أن تنكش فتصبح نقطة ١ . بهذه الطريقة نحصل على القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات وهى : دوران لـ عند ١ . وبهذا تدلنا المعادلة على أن القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات تساوى معدل تغير م عند النقطة ١ ، مضروبة فى الكسر الضئيل السالب  $-\frac{1}{c}$  . و س هنا

ترمز إلى نسبة وحدة الكهرباء الإستاتيكية إلى وحدة الكهرباء المغناطيسية ، إذ يلزم هنا أن نحول لـ ( وهي ظاهرة كهربية إستاتيكية ) و مـ ( وهي ظاهرة كهربية ديناميكية ) إلى نفس النظام من الوحدات . وتبين المعادلة كيف استطاع ماكسويل أن يربط بين الظاهرتين الكهربية والمغناطيسية وبين سرعة الضوء ، وذلك لأن س ما هي في الحقيقة إلا سرعة الضوء .

والمعادلة الأخيرة هي :

$$\text{دوران م} = \frac{1}{\text{س}} \times \frac{\text{د ل}}{\text{د ز}}$$

وهي تبين أنه فيما عدا التغير في العلامة الجبرية ( وهي تدل على اتجاه المجال ) ، فإن دوران لـ و مـ في المعادلة السابقة يمكن عكسهما . فعند أية نقطة وفي أية لحظة تساوى القوة المغناطيسية لوحدة المساحات التي تولدت عن مجال كهربي متغير ، تساوى معدل تغير المجال الكهربي مع الزمن مضروباً في كسر ضئيل موجب هو  $\frac{1}{\text{س}}$  . والآن فإن معدل التغير هذا هو إلا تيار الإزاحة لماكسويل . ولما كانت التغيرات تحدث في الجسم العازل المعروف بالفضاء ، فإن التيارات الوحيدة التي يمكن أن تسرى إنما هي تيارات إزاحية . وكان يظن قبل ماكسويل أن المجال المغناطيسي يمكن أن يتولد فقط

بوساطة تيارات تسرى في أسلاك . ولكن الفضل كان لاكتشاف  
ماكسويل العظيم ، الذى استنتجه ميكانيكيا من أتمودجه ، والذى  
عبر عنه رياضياً في هذه المعادلة ، إذ مكمننا من أن ندرک أن مجالا  
كهريا متغيراً مع الزمن يولد قوة مغناطيسية حتى في جسم عازل  
أو في الفضاء .

وطبقاً لنظرية ماكسويل ، فإن إدخال قوة كهربية متغيرة مع الزمن في الجسم العازل تولد موجات إزاحية تتحرك بسرعة الضوء . وهذه الموجات الدورية من الكهرباء الإزاحية تصحبها قوة مغناطيسية دورية . وتتكون الموجة من ذبذبات كهربية عمودية على اتجاه الإزاحة الكهربية . وبمجموع هذه الحركات هو ما يسمى الموجة الكهر ومغناطيسية . وموجة الضوء ( وهي موجة إزاحية ) ، كما أوضح هزي بوانكاريه فيما بعد ، إن هي إلا سلسلة من التيارات المتغيرة ، تسرى في الجسم العازل ، أو في الهواء ، أو في الفضاء بين الكواكب ، وتغير اتجاهها ...،...،...،... مرة كل ثانية . ويتولد عن هذا العدد الهائل من التغيرات السريعة تيارات في الأجزاء المجاورة من العازل ، وهكذا تنتقل موجات الضوء من مكان إلى مكان .

وقد اخترت نظرية الضوء الكهر ومغناطيسية عمليا وصمدت

بجدارة أمام التجارب العملية . ولكن كانت هناك طرق أخرى لاختبار صحة نظرية ماكسويل . فإذا كان منطقته سليماً فلا بد أن تولد المصادر الأخرى للاضطراب موجات كهربية أخرى ذات ذبذبات تختلف عن ذبذبة الضوء . وهذه الموجات تكون غير مرئية ، إلا أنه لا بد من تمييزها بوساطة أجهزة خاصة . ولم يعش ماكسويل حتى يرى اكتشاف هذه الموجات ، ولكن هنريش هيرتز استطاع ، بعد وفاة ماكسويل بعشرة أعوام ، كسب السبق وإثبات وجود هذه الموجات . لقد استطاع عن طريق سلسلة من التجارب الرائعة ، توليد موجات الراديو الكهربية . وخلص من ذلك إلى ثبوت الرابطة « بين الضوء والكهرباء » . التي كثرت حولها الهمسات والشكوك والتنبؤات . . . ولم يعد أفق علم البصريات مقصوراً على موجات أثرية دقيقة يبلغ طولها مجرد كسر صغير من المليمتر ، لقد اتسع أفقها ليشمل موجات تقاس بالسنتيمترات والامتار والكيلومترات . وبالرغم من هذا الاتساع فإنه يبدو مجرد جزء صغير من أفق الكهرباء الواسع . وهكذا نرى أن الكهرباء قد أصبحت مملكة جبارة .

وكان ماكسويل قد أتم بحته العظيم عن النظرية الكهرومغناطيسية بينما كان « على المعاش » في جلييلير . ولم تستنفذ إلا جزءاً صغيراً من طاقته ، فقد كان يقوم بجوار هذا العمل ،



وفي نفس الوقت ، بكتابة كتاب في الحرارة وعدة بحوث أخرى في الرياضة ، ورؤية الألوان ، وغيرها من الموضوعات الفيزيائية . وظل في مراسلات كثيرة علمية واجتماعية ، ووسع منزله ، ودرس اللاهوت ، وألف موشحات من شعر سيء ، وكان يركب الخيل ، ويخرج للسير مسافات طويلة مع كلابه ، ويزور جيرانه ويلعب أولادهم ، كما كان يقوم بزيارات كثيرة لكامبريدج للاشتراك في وضع امتحاناتها ومسابقاتها الرياضية والحكم فيها . وفي عام ١٨٧١ أسس كرسي الطبيعة التجريبية في كامبريدج . ومن الصعب علينا أن نتصور أنه لم تكن تدرس في ذلك الوقت مقررات في الحرارة والكهرباء والمغناطيسية في تلك الجامعة ، كما لم يكن بها معمل معد لمتابعة هذه العلوم وإجراء التجارب فيها . وكانت الجامعة ، كما كتب أحد المثقفين المعاصرين ، « قد فقدت صلتها بالحركات العلمية العظيمة التي تجري خارج أسوارها » . ولذلك فقد تكونت لجنة من الأساتذة لدراسة هذا الموضوع ، وأعدت تقريراً ، أوضحت فيه هذه الحقائق المذهلة ، وقدمته إلى دوق ديفونشاير ، مدير الجامعة . فوافق على منح المبالغ اللازمة لبناء وتأثيث معمل كافنديش الشهير . ومع أن ما كسويل لم يكن يرغب في ترك جلييلير ، إلا أنه تحت ضغط أصدقائه تقدم لهذا المنصب الذي قبل فيه فوراً .

وتفرغ ما كسويل وخصص وقته لتصميم العمل والإشراف على بنائه . وكان هدفه أن يصبح أحسن معهد من نوعه ، يحوى أحدث الأجهزة ويستخدم أحسن الأساليب وأسلمها لإجراء البحوث . وقدم لهذا العمل كل أجهزته الخاصة وأكمل هبة الدوق بمبالغ أخرى سخية من عنده . وكان على ما كسويل أن يهتم بالكثير من التفاصيل ، ولذلك فإن عملية البناء والتأثيث لم تتم إلا في عام ١٨٧٤ . ومع أن هذا التأخير لم يكن منه بد ، إلا أنه أوجد بعض المتاعب ، فقد كتب ما كسويل يقول « إننى لا أجد مكانا أضع فيه الكرسي الذى أجلس عليه ولذلك فإننى أنتقل من مكان إلى آخر مثل العصفور ، حيث ألقى « آرائى » فى الفترة الأولى فى مدرج الكيمياء ، وفى قسم النبات فى الفترة الثانية ، وفى قسم التشريح فى الفترة الثالثة . ولم تكن « آراؤه » هذه سوى مقرراته التى كان يلقيها فى الحرارة والكهرباء والكهر ومغناطيسية .

فى عام ١٨٧٦ نشر كتاب ما كسويل عن « المادة والحركة » ، وهو « كتاب صغير فى موضوع عظيم » . وحوالى ذلك الوقت ، كتب مقالات عدة فى موضوعات مختلفة — مثل « الذرة » و « الأثير » و « التجاذب » و « فاراداي » وغيرها — للطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية . وكانت محاضراته العامة تتناول مجموعة لطيفة من

الموضوعات مثل «حول التليفون» . ولما كان قد ألقى هذه المحاضرة وهو مريض جداً ، فإنها لم تكن واضحة مثل أحسن إنتاجه ، وكانت كذلك مليئة بالجواب المرححة المسلية . فعند ما تحدث عن « اختراع الأستاذ بل » علق على التناقض العجيب التام بين جميع أجزاء الجهاز — فالسلك في الوسط ، والتليفونان في نهايتي السلك ، والثرثاران في طرفي التليفونين . وقد أمضى ماكسويل خمسة أعوام في تحرير ونشر ٢٠ مجموعة من بحوث هنري كافنديش التي لم تكن قد نشرت . وكان المجلدان الرائعان اللذان نشرهما عام ١٨٧٩ سبباً في تأكيد شهرة وعظمة كافنديش باحث القرن الثامن عشر الموهوب ، الذي لم تكن بحوثه في الكهرباء معروفة لمعاصريه ، وذلك لأن نتائج بحوثه لم تخرج عن حيز مذكراته . ولقد أعاد ماكسويل إجراء تجارب كافنديش وبين أنه قد توصل إلى كشف هامة في الكهرباء من بينها قانون أوم .

ولما تقدمت بماكسويل السن أخذ أصدقاؤه يلاحظون تزايد روحه الاجتماعية . لقد استمر يرى أصدقاؤه الكثيرين وينظم أشعاراً خفيفة ويتزهد مع كلبه توبي ، ويأتي ببعض المداعبات اللطيفة . إلا أنه أصبح كتوما وصار يخفي مشاعره وإحساساته خلف ستار من السخریات وكانت طبيعته الاسكتلندية الجافة العقلية تختلط دائماً بخيوط رفيعة من الغموض . كان يؤمن بالعلم ،

إلا أنه كان في أعماقه متشككا في قدرة العلم على إيضاح أسرار الطبيعة ومعانيها . وقد وصفه معاصروه بأنه كان متواضعا كما كان لاذعا في نقده العلمي ، وكان تجريدياً في آرائه العلمية بقدر ما كان جامداً عندما يبدو الآخرون واثقين من أنفسهم .

ولعل أحسن ميزات ما كسويل كانت ظرفه ولطفه وحنانه . وكانت علاقته بالمقررين منه تقوم على تفانيه وإخلاصه وإنكاره لذاته بشكل منقطع النظير . فعندما جاء نسيبه إلى لندن لإجراء عملية جراحية ، ترك ما كسويل الطابق الأول من منزله له ولمرضته وسكن هو في حجرة كانت من الصخر بحيث كان يتناول إفطاره وهو راكم لأن الحجرة لم تكن تتسع لكرسى بجوار المائدة . وفي السنوات الأخيرة من حياة ما كسويل أصيبت زوجته بمرض خطير امتد مدة طويلة . وأصر هو على تمريضها . ويقال إنه في فترة ما لم ينام في سرير مدة ثلاثة أسابيع . ومع ذلك فقد استمر في عمله كالمتعاد وكان مرحا كما لو كان يستعذب الشدة . ومن يدري فلعله كان فعلا يستعذب المحنة . ولم يظهر أبدا ما يدل على مرضه الخطير .

وفي ربيع عام ١٨٧٧ بدأ يحس آلاما خانقة عند البلع . ولأسباب خافية لم يستشر أحداً في هذه الأعراض مدة عامين ،

مع أن حالته كانت تسوء بالتدرج . وقد لاحظ أصدقاؤه في كامبريدج أن صحته في تدهور وعندما عاد إلى جيلنلير في صيف عام ١٨٧٩ ، كان ضعفه قد بدا واضحا فاضطر لاستدعاء الطبيب . كان في حالة من الألم الفظيع « كان يصعب عليه أن يظل راقداً ساكناً لمدة دقيقة واحدة ، ولم يكن ينام وينعس ، وفقد شهيته للأكل مع أنه كان في شديد الحاجة للغذاء » . وكان قد أدرك تماماً أن حالته ميئوس منها ، ومع ذلك فقد ظلت صحة زوجته هي شغله الشاغل . ومات في ٥ من نوفمبر . وكتب طبيبه ، دكتور باجيت « لم أشاهد رجلاً قابل الموت بمثل هذا الهدوء والوعى » . وعندما دفن ماكسويل في حوش كنيسة بارثون في جيلنلير ، لم يكن العالم قد أدرك بعد كنهه وآرائه وأفكاره . وما زالت مملكته التي خلقها تفكيره المبدع تنتظر من يكشف عن بعض كوامنها .





القسم الخامس  
دراسة الحياة





## ١ - ويليام هارفى

### بقلم فردريك ج . كيلجور

ولد فردريك ج . كيلجور بمدينة سپرنجفيلد بولاية  
ماساشوت فى عام ١٩١٤ . وبمجرد حصوله على شهادته  
فى كلية هارفارد عام ١٩٣٥ ، انضم إلى موظفى المكتبة  
بالكلية ، وظل يعمل هناك حتى عام ١٩٤٢ عندما جند  
فى الحرب واحتل وظيفة ضابط مخبرات فى مكتب  
الخدمات الإستراتيجية . وأعفى من الخدمة العسكرية  
عام ١٩٤٥ بعد أن حصل على وسام التقدير ، ثم احتل  
مركز نائب مدير مكتب جمع الأخبار ونشرها . وفى عام  
١٩٤٨ عاد إلى حياته الأكاديمية بجامعة ييل حيث احتل  
وظيفته فى المكتبة الطبية ، وحيث يلقى محاضرات فى تاريخ  
العلم ويشرف على تحرير مجلة ييل الخاصة بالبيولوجيا  
والطب .

## ٢ - تشارلز دارون

### بفلم لورين ك . أيزلى

يعمل لورين ك . أيزلى رئيساً لقسم الأنثروبولوجيا (علم الإنسان) بجامعة بنسلفانيا ، ومشرفاً على القسم الخاص بالإنسان القديم بمتحف الجامعة . ولد أيزلى عام ١٩٠٧ بمدينة لنكولن نبراسكا . وأمضى دراسته الجامعية في جامعة نبراسكا ، ثم حصل على درجة الدكتوراه في جامعة بنسلفانيا . وكان تخصصه في ميدان علم الإنسان هو الدراسات الحفرية للإنسان في العالم الجديد . وقام ببحوث واسعة على الطبيعة في الجزء الغربي من الولايات المتحدة وفي المكسيك . ويعتبر أيزلى من الكتاب الذين يتسمون بالحق ، سواء في فرع تخصصه أو خارج ذلك الفرع . كان أحد محرري مجلة « علم الإنسان اليوم » . وظهرت له قصص قصيرة وقصائد في مجلات شعبية . واليوم يقوم أيزلى ، بناءً على تكليف من الجمعية الفلسفية الأمريكية ، بكتابة تاريخ حياة دارون ، وذلك لكي ينشر بمناسبة الاحتفال بمرور مائة عام على إصدار كتاب « أصل الأنواع » في عام ١٩٥٩ . ويهدف هذا المشروع إلى تجميع المعلومات المتعلقة بنظرية التطور والتي تلقى الضوء على المراسلات التي تمت بين دارون والسير تشارلز ليل ، تلك المراسلات التي تتبعها الجمعية الفلسفية . ويقوم أيزلى ، إلى جانب ذلك ، بكتابة كتاب عن تاريخ الفكر التطوري لينشر في إحدى المجموعات العلمية .

### بفلم جیرزی کونورسکی

فی عام ۱۹۲۷ نشر پافلوف کتابه العظیم عن الانعکاسات الشرطية ، وفی نفس هذا العام کان چیرزی کونورسکی طالبا فی جامعة وارسو . وقرأ کونورسکی الکتاب وتأثر به للدرجة أنه قرر أن یکرس مواهبه للعمل فی هذا المیدان الجدید الذی فتحه پافلوف . وسرعان ما أدرك أن پافلوف لم یأخذ فی اعتباره ما یسمى بالحركات الإرادية ، وأن هذه الحركات لا یمكن تفسیرها علی أساس الانعکاس الشرطی الکلاسیکی . ووضع کونورسکی ، مع زمیله س . میلر ، برنامجا للبحث أدى بهما إلی فکرة «النوع الثانی» من الشرطية أو الشرطية «الآلیة» . ولقت نشاطهما أنظار پافلوف فأمضیا عدة سنین یعملان معه فی معمله بلننجراد . وعندما عاد کونورسکی إلی وارسو عام ۱۹۳۳ أشرف علی تنظیم معهد نینکی للبیولوجیا التجربیة ، وظل یقوم ببحوثه فی ذلك المعهد حتی دمرت المیدنة عند هجوم الألمان عام ۱۹۳۹ . وعندما تقهر الألمان قام کونورسکی

وزملاؤه بيعت الحياة في معهدهم في مدينة لودز أولا  
تم في مدينة وارسو . وعندما نشر كونورسكى كتابه  
« الانعكاسات الشرطية والتنظيم العصبي » عام ١٩٤٨ تعرض  
لهجوم عنيف من جانب البافلويفيين المتعصبين . ويعرض  
هذا الكتاب أسلوب كونورسكى لتحديد المدلول الوظيفي  
للأجزاء المختلفة من القشرة الخمية عن طريق استخدام  
الافعال المنعكسة الشرطية . وما زال كونورسكى يواصل  
بحوثه في نفس الطريق حتى اليوم .



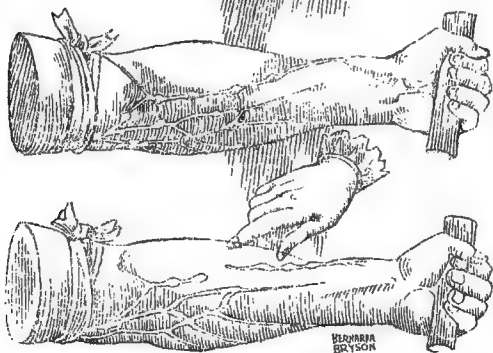
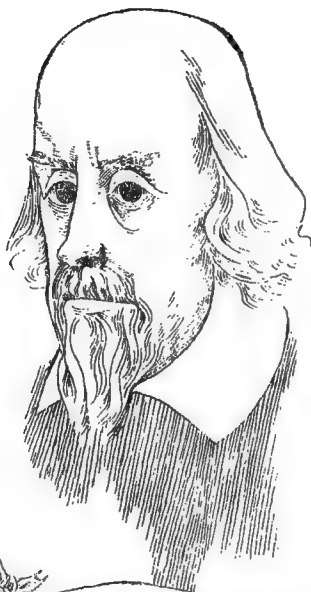
# ويليام هارفى

## بمقام : فوريك هـ . كيايجور

« تعود بى الذاكرة إلى المقابلة الوحيدة التى تمت بينى وبين هارفى الشهير (قبل أن يموت بفترة قصيرة) ، عندما سألته عما جعله يفكر فى وجود دورة دموية فى جسم الإنسان . وأجابنى قائلا إن ملاحظته وجود الصمامات فى الأوردة التى تشق طريقها فى أجزاء كثيرة من جسم الإنسان ، وأن هذه الصمامات موضوعة بطريقة تسمح بمرور الدم إلى القلب ولكنها تعوق مرور الدم الوريدى فى الاتجاه الآخر . إن هذه الملاحظة جعلته يتصور أن الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف ، وأن الهدف المرجح هو أن تقوم هذه الصمامات بمنع الدم من الوصول إلى الأطراف عن طريق الأوردة ، إنما يجب أن يصل إلى هناك عن طريق الشرايين ثم يعود إلى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة التى لن تعوق سيره فى ذلك الطريق . »

**هذه** هي كلمات عالم الكيمياء الأيرلندي روبرت بويل التي يصف فيها مقابلاته مع وليام هارفى ، وردت في كتابه « بحث في العلل النهائية للأمور الطبيعية » الذى نشر بعد وفاة هارفى بواحد وثلاثين عاما . والواقع أن هذه هي العبارات الوحيدة التي ذكرها هارفى لتفسير وصوله إلى كشفه العظيم الذى يعتبر قمة في تاريخ علم الحياة . والواقع أن هذا الرجل الذى وضع الأسس التي قام عليها علم الطب الحديث مجرد اسم عند أغلب الناس ، فكتابه الكلاسيكى الذى كتب باللاتينية « دراسات تشريحية عن حركة القلب والدم في الحيوانات ، أصاب شهرة كبيرة ولكنه لم يقرأ إلا لماما . وحقيقة الأمر أن الرجل والكتاب أكثر أهمية مما يبدو للكثيرين نتيجة ظلال النسيان التي تخيم على كل منهما .

ولد « هارفى الشهير » في مدينة فولكستون عام ١٥٧٨ ، وصار أبوه بعد ذلك عمدة للمدينة . وكان عمره عشر سنوات عندما قام الأسبان بهجومهم على إنجلترا . وبدأ تدريبه كطبيب في لندن في العام الأخير من حكم إليزابيث . وأعطى أول محاضرة له في الدورة الدموية عام ١٦١٦ ، في نفس العام الذى مات فيه شكسبير . ومثل شكسبير ، لم يترك لنا هارفى ، إلى جانب كتاباته ، سوى القليل عن أخبار حياته . وأغلب معلوماتنا المتعلقة بشخصه مستمدة



من مؤرخ حياته جون أوبرى الذى كتب « ملخصا لحياة هارفى » .  
ويصف أوبرى ذلك العالم الكبير فيقول إنه كان رجلا قصيرا جدا  
« وعيناه صغيرتان مستديرتان معتان في السواد يطل منهما بريق  
الحياة » . وكان عصبي المزاج وتصرفاته لا تخلو من بعض الغرابة .  
وكان في شبابه يحمل في وسطه خنجرا ، كعادة ذلك العصر ، ولم يكن  
يتورع عن شهره لأقل استفزاز . تزوج في السادسة والعشرين  
من عمره ، ولكننا لانعرف شيئا عن زوجته أو عن حياة أسرته ،  
اللهم سوى أنه لم ينجب أطفالا . وكان هارفى يفضل أن يمكث  
في الظلام حتى يستطيع أن يفكر بشكل أفضل ، وبني في منزله  
كموفا للتأمل والتفكير .

والمعروف عن هارفى أنه كان ردىء الخط يكتب بسرعة ،  
لكن بشكل مقروء ، وكانت كتاباته مزيجاً من اللاتينية والإنجليزية ،  
وكثيرا ما كان يخطئ في الهجاء إلى درجة تلفت النظر . ولم يصلنا ،  
إلى جانب كتابه السالف الذكر ، سوى القليل من كتاباته . ولعل  
أحد الأسباب التى أدت إلى ذلك أنه فقد كثيرا من أوراقه خلال  
الحرب الأهلية التى استمرت عام ١٦٤٢ عندما هاجم المتظاهرون  
منزله في لندن وأتلفوا مخطوطاته ، وكان هو في ذلك الوقت مع  
تشارلز الأول كطبيب المعالج . وقال هارفى بعد ذلك إن هذه الخسارة  
كانت أفدح كارثة لحقت به .



كرس هارفى حياته ، المليئة بالنشاط والحيوية ، فى البحث عن المعرفة ، وكتب اثنى عشر كتابا على الأقل فى مختلف الموضوعات غير أنها لم تر النور ، مثل مخطوطاته التى أتلّفها المتظاهرون . ولعل أهم كتاب من كتبه التى نشرت ، بعد كتاب « حركة القلب » ، هو « عن التكاثّر » الذى أسهم بدور كبير فى علم الأجنة .

» « «

وسهما يكن من أمر ، فإن أعمال هارفى المتعلقة بالدورة الدموية هى التى صنعت له تمثالا من النبوغ ، ولا تقتصر أهمية هذه الأعمال على كونها كشفا تاريخيا فى علم الحياة ، وإنكنا تفوق ذلك من حيث كونها تعبيراً لاستخدام الأسلوب العلمى فى الدراسات المتعلقة بالحياة . كان هارفى معاصرا لغاليليو وكبلر وباكون وديكارت ، ووجدت فيه الثورة العلمية التى قامت فى عصر النهضة والتى قضت على نظام الفلسفة الكلاسيكية وأقامت بدلا منه الأساليب التى يعتمد عليها العلم الحديث ، وجدت فيه واحدا من دعاة . والواقع أن هارفى كان أول عالم من علماء الحياة يستخدم الأساليب الكمية لتوضيح كشف هام . كان يلجأ إلى الوزن والقياس والعد حتى يصل إلى الحقيقة . وكان هذا أسرا جديدا تماما بالنسبة للقرن السابع عشر لدرجة أن عمل هارفى ، مع عبقريته الفذة ، لم يخل من بعض الأخطاء .

وبالرغم من كل شيء ، فإن استخدام هارفى لذلك الأسلوب السامى  
فى الدراسة كان بمثابة فتح عهد جديد فى علم الحياة .  
تخرج هارفى فى جامعة كامبريدج عام ١٥٩٧ ثم ذهب إلى دراسة  
الطب فى جامعة يادوا ، أكبر مدرسة علمية فى ذلك العصر . وكانت  
علوم التشريح وفسيولوجيا القلب والشرايين والأوردة والدم  
يدرس بنفس النظام الذى وضعه الطبيب الإغريق جالينوس منذ  
أربعة عشر قرنا . كان جالينوس يقول إن « الكيل » ( وهى نوع  
من المادة اللصفاوية ) تنتقل من الأمعاء إلى الكبد الذى يحولها  
إلى دم وريدى ويضيف إليها فى نفس الوقت « روحا طبيعية » .  
ويقوم الكبد بعد ذلك بتوزيع هذا الدم عن طريق الجهاز الوريدي  
بما فيه البطين الأيمن للقلب . وكان جالينوس يعرف ، عن طريق  
التجربة ، أنه عندما يقطع وريدا أو شريانا كبيرا فى الحيوان فإن  
الدم يتدفق من الوريد أو من الشريان ، وأدرك أنه لا بد من وجود  
علاقة ما بين الأوردة والشرايين ، واعتقد أنه عثر على هذه العلاقة  
عندما خيل إليه أنه عثر على ثقب صغيرة فى الجدار الذى يفصل  
بين الجزء الأيسر من القلب وجزئه الأيمن وقال ، بناء على ذلك ،  
إن الدم الوريدي ينتقل خلال هذه الثقوب إلى الجزء الأيسر  
من القلب حيث يحصل على « الروح الحيوية » الواردة من الرئتين ،  
ويكتسب بذلك اللون القرمزى البراق الذى يميز الدم الشريانى .

وكان جالينوس يرى أن الدم يتدفق إلى مختلف أجزاء الجسم خلال الأوردة والشرابين ليمد أطراف الجسم بما تحتاج إليه من غذاء وروح . لم يكن يرى وجود قوة دافعة أو دورة حقيقية ، وإنما كان يعتقد أن الدم الموجود في الأوعية يرتد ببساطة بين فترة وأخرى إلى القلب والرئتين للتخلص من الأوشاب التي علقته به .

وما إن حل عصر هارفي حتى كانت تعاليم جالينوس قد عانت تعديلين هامين . أما التعديل الأول فصاحبه أندرياس فيسالياس مؤسس علم التشريح الحديث ، وهو من مواطني بادوا . أعلن عام ١٥٥٥ أنه لا وجود «لثقب» جالينوس ، وتمكن خلف فيسالياس ، وهو ريبالدو كولومبو ، من كشف نظام انتقال الدم من الجانب الأيمن للقلب خلال الشرايين الرئوية إلى الرئتين ، ثم عودته إلى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية ، كما أوضح ، عن طريق التجارب التي أجراها على الحيوانات ، أن الأوردة الرئوية تحتوي على دم شرياني لا على «روح حيوية» . وأما الكشف المهم الثاني فقد حققه فابريكياس أب أكوأندانت في بادوا ، وهو وجود صمامات ، أو «أبواب صغيرة» كما أطلق عليها ، في الأوردة . ولم يذكر فابريكياس وظيفة هذه الصمامات وسار في أثر آراء جالينوس إذ قال إن وظيفتها أن تبطئ سريان الدم إلى الأطراف .

\* \* \*

وعاد هارفى إلى إنجلترا عام ١٦٠٢ وهو يتأبط درجة الدكتوراه  
التي حصل عليها من بادوا . ونحن لا نعرف هل بدأ فى تكوين فكرته  
عن الدورة الدموية عندما غادر بادوا . وعلى أية حال فقد مارس  
الطب فى لندن وتسلىق سريعا درجات الشهرة . وفى عام ٦١٥  
كرمه كاية الأطباء الملكية ، التي كان عضوا فيها ، بأن منحه حق  
إلقاء محاضرات لوملى خلال حياته . وفى محاضراته الأولى التي ألقاها  
عام ١٦١٦ بدأ وصف الدورة الدموية . ولقد وصلت إلينا مذكراته  
التي تحوى هذه المحاضرات ، وتقع فى ٩٨ صفحة ، وفيها يصف  
بعض تجاربه ، ومن ضمنها تلك التجارب التي أقنعتة بأن « الطبيعة لم  
تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف » ، والتي أثارت  
فى ذهنه فكرة الدورة الدموية كما ذكر روبرت بويل فيما بعد .

وتوضح هذه المذكرات أن هارفى كان قد افتنع فعلا أن هناك  
دورة دموية تحدث خلال جسم الإنسان وأن القلب هو الذى يقوم  
بدور المضخة . وفى عام ١٦١٦ اختتم سلسلة محاضراته بالعبرة التالية .

« إن تركيب القلب يثبت أن الدم ينتقل باستمرار خلال الرئتين  
إلى الأورطة كما يفعل المنفاخ المائى وهو يرفع المياه . ولقد ثبت  
كذلك أن الدم ينتقل من الشرايين إلى الأوردة . ويتضح من ذلك  
أن خفقان القلب هو الذى يؤدي إلى الحركة المستمرة لدورة الدم .

هل الهدف من ذلك هو تغذية الجسم أم حفظ الدم والأطراف بشكل أفضل عن طريق نقل الدم للحرارة التي يكتسبها من القلب ويفقدها عندما ينقلها إلى الأطراف ليعود فيكتسبها مرة أخرى من القلب . .

وبعد اثني عشر عاما أجرى فيها هارفي مزيدا من التجارب المتعلقة بنظريته عن الدورة الدموية ، نشر كتابه «عن حركة القلب» في ٧٢ صفحة فقط . ويحوى الكتاب إهداءين ( أحدهما للملك تشارلز والثاني للدكتور أرچنت رئيس الكلية الملكية ) ومقدمة وسبعة عشر فصلا قصيرا عرض فيها الحجج التي تدعم نظريته .

عرض في الفصل الأول الأسباب التي دعت به إلى كتابة هذا الكتاب ( ومن ضمنها رغبته في تجنب نفسه السخرية ) ، ثم عرض في الفصول الأربعة التالية تحليلا رائعا لحركات القلب والشرابين والأذنين ، وتحليلا لا يقل عنه روعة عن وظيفة القلب . وذكر أنه كاد يأس أول الأمر من فهم حركة القلب في الحيوانات ذات الدم الحار لأن النبض فيها سريع جداً . ولكنه وجد أن في ميسوره أن يحلل حركات القلب في الحيوانات ذات الدم البارد وكذلك في الحيوانات ذات الدم الحار وهي تعاني سكرات الموت .

وما زالت هذه هى المصادر الأساسية لمعارفنا المتعلقة بحركة القلب ،  
وذلك فى مجال الفحص المباشر .

وكان هارفى أول من قدم فكرة واضحة عن نبضة القمة وعن  
الصفة العضلية للقلب ، وكيف أن نبضة القلب تبدأ فى الأذين الأيمن  
ثم تنتقل إلى الأذين الأيسر والبطينين . وأوضح كذلك أن النبض  
فى الشرايين يرجع إلى تدفق الدم فيها وهو مندفِع من القلب ،  
كما يحدث عندما « ينفخ المرء فى قفاز » ، وهو تشبيه استخدمه  
هارفى لأول مرة فى محاضراته عام ١٦١٦ . وتوصل إلى استنتاج  
سليم هو أن « الوظيفة الأساسية للقلب هى أنه يضخ الدم وينقله  
خلال الأوردة إلى أطراف الجسم » .

وانتقل هارفى بعد ذلك إلى عرض حركة الدم من الجانب  
الأيمن للقلب إلى جانبه الأيسر خلال الرئتين ، كما جاء فى وصف  
كولومبو ، ثم أوضح كيف ينتقل الدم من القلب الأيسر خلال  
الشرايين إلى الأطراف ثم يعود مرة أخرى إلى القلب الأيمن  
عن طريق الأوردة . ويحتوى هذا القسم من الكتاب على جوهر  
الكشف العظيم الذى وصل إليه هارفى . إنه استخدم ثلاث نظريات  
لإثبات ضرورة حدوث الدورة الدموية فى جسم الإنسان :  
(١) إن كمية الدم التى تنتقل من الأوردة إلى الشرايين كبيرة للدرجة

توجب أن يمر كل الدم الموجود في الجسم خلال القلب في فترة وجيزة ، وأن هذه الكمية لا يمكن أن تنتج من الغذاء المستهلك كما يقول جالينوس . (٢) إن كمية الدم التي تذهب إلى الأطراف أكبر كثيراً مما يلزم لتغذية الجسم ؛ (٣) إن الدم يعود باستمرار إلى القلب من الأطراف عن طريق الأوردة .

\* \* \*

ولقد قام هارفي بإحوائه الكمية الشهيرة لتحديد حجم الدم الذي يضخه القلب لكي تثبت « النظرية الأولى » . وكان عليه ، حتى يقوم بحساباته ، أن يقيس كمية الدم المندفعة من القلب في كل نبضة ، كما كان عليه أن يحدد معدل النبض . والواقع أن هذه العملية في غاية الصعوبة ، وما زالت هناك حتى اليوم خلاقات في تحديد هذه الكمية عندما تستخدم الوسائل المختلفة . ولقد حصل هارفي على رقم لا يتعدى جزءاً من ثمانية عشر جزءاً من التقدير المعترف به اليوم . كيف توصل هارفي إلى هذا الرقم الخاطئ جداً واستطاع في نفس الوقت أن يصل إلى كشفه العظيم ؟

وحقيقة الأمر أن هارفي اعتمد في تدليله على نتيجة فحصه لإحدى الجثث ، إذ وجد أن البطين الأيسر في القلب يحوى أكثر من أوقيتين من الدم . ( ولا شك أن هذا القلب الذي فحصه كان

ممتنخاً . وبناءً على ذلك افترض أن البطين يحتفظ ، في الفترة  
 بين انقباضاته بكمية من الدم تبلغ حوالى أوقية ونصف أوقية . وعندما  
 افترض كذلك أن كمية الدم التى تندفع من البطين عند كل انقباضة  
 تبلغ ربع أو خمس أو سدس أو حتى ثمن ، ما يحتويه ، وصل  
 إلى نتيجة نهائية هى أن الدم المندفع من القلب فى كل نبضة لا يقل  
 عن ٣,٩ جراما . هذا عينا نحن نعتقد اليوم أن كل الدم تقريباً  
 الموجود فى القلب يندفع منه عند كل انقباضة ، وتدل التقديرات  
 الحديثة أن حوالى ٨٩ جراما من الدم تندفع فى كل انقباضة .  
 ولعلنا نلتصم العذر هارفى إذا لم يتوصل إلى التقدير السليم فى حالة  
 الإنسان ، ولكننا نجد أنه وصل إلى ذات النتائج الخاطئة عندما  
 حاول قياس كمية الدم المندفعة من قلب الشاة فى كل نبضة .  
 ولو أنه قطع الأورطة فى الشاة ووزن كمية الدم المندفعة فى بحر  
 دقيقة كاملة ، وعد فى نفس الوقت عدد النبضات فى الدقيقة ، لأمكنه  
 أن يصل إلى رقم معقول ، ولكنه لم يقم بهذه التجربة البسيطة .  
 ولقد أخطأ هارفى كذلك عند قياس معدل النبض . كان الرقم  
 الذى استخدمه عادة هو ٣٣ نبضة فى الدقيقة ، وهو حوالى نصف  
 المعدل الحقيقى فى المتوسط . ونحن لا نستطيع أن نفسر ذلك الخطأ  
 على أساس صعوبة القياس ، وسنظل نجعل لماذا أخطأ هارفى إلى هذا  
 الحد . وعندما استخدم هارفى الرقنين اللذين وصل إليهما ٣,٩ جرام



من الدم تدفع من القلب عند كل نبضة ، وثلاثا وثلاثين نبضة في الدقيقة — حصل على رقم يدل على معدل سريان الدم يعتبر جزءا من ستة وثلاثين جزءا من أقل قيمة يمكن قبولها اليوم . وفيما يلي كلماته التي خطها وهو يقوم بحساباته في مرة من المرات : « ينبض القلب ألف نبضة كل نصف ساعة ، وقد يصل العدد في بعض الأحيان إلى ألفين أو ثلاثة آلاف أو أربعة . فإذا ضربنا عدد الدراهم المندفعة من القلب في كل نبضة في عدد النبضات ، استنتجنا أنه في خلال نصف ساعة تدفع من القلب ٣٠٠٠ درهم أو ٢٠٠٠ درهم أو ٥٠٠ أوقية منطلقة إلى الشرايين ، وهي كمية أكبر من كمية الدم الموجودة في كل الجسم » . إن أقل تقدير من تقديراته وهو ٢٠٠٠ درهم أو ١٧,١ رطلا يفوق فعلا كمية الدم الموجودة في الشخص المتوسط الذي يزن ١٥٠ رطلا ، فهذه الكمية هي ١٥ رطلا .

لقد أثبت هارفي فكرته الأساسية بالرغم من حساباته الخاطئة . إن القلب يضخ في نصف ساعة كمية من الدم تفوق كثيرا كمية الدم الموجودة فعلا في الجسم . وكانت هذه ضربة قوية لأفكار جالينوس ، إذ من الواضح أن غذاء الإنسان لا يمكن أن يؤدي إلى إنتاج الدم بشكل مستمر وهذه الكميات .

وكان عرض هارفى لنظريته الثانية التى تقول إن كمية الدم التى تذهب إلى الأطراف أكبر كثيرا مما يلزم لتغذية الجسم ، كان عرضه أقل روعة وأثرا ، فـهـر لم يستخدم هنا وسائل قياس محددة ولكنه لجأ إلى الاستنتاج لدرجة كبيرة . غير أنه أشار فى مناقشته إلى نقطة مهمة هى أن الدم لابد أن ينتقل من الشرايين إلى الأوردة فى أطراف الجسم ، ووصف التجربة التى جعلته يقترح فكرة الدورة الدموية . لقد أوضح أنه إذا استخدم المرء رابطا يمنع مرور الدم فى الأوردة ولكنه لا يعوق طريقه فى الشرايين ، فإن الأوردة لا الشرايين هى التى ستتفخض . فإذا زاد المرء من ضغط الرباط بحيث يمنع مرور الدم فى الشرايين ذاتها ، فإن الأوردة لن تتفخض فى هذه الحالة . ومن هذه الملاحظات استنتج هارفى استنتاجا سليما هو أن الدم يدخل الأطراف عن طريق الشرايين ثم ينتقل بطريقة ما إلى الأوردة ، وإن فشل فى العثور على تلك الطريقة .

وقام هارفى بتجربة رائعة لكى يثبت نظريته الثالثة وهى النظرية القائلة بأن الدم يسرى فى الأوردة نحو القلب لا بعيدا عن القلب ، كما تنادى تعاليم جالينوس . لقد بين هارفى أنه إذا ضغط المرء بأصبعه فوق وريد من الأوردة ، ثم حرك أصبعه ، وهو ضاغط على الوريد من صمام إلى الصمام الذى يعلوه ، فإن الدم الذى طرد من هذا الجزء من الوريد لن يعود ثانية لأن الصمامات لا تسمح بمرور الدم

إلا في اتجاه واحد . إن الجهاز الوريدي لا يسمح بمرور الدم .  
في كل من الاتجاهين ، ولكن في اتجاه واحد ، نحو القلب .

• • •

ما هي الخصائص الأساسية في كشف هارفي ؟ إن العوامل  
الرئيسية التي تؤدي إلى حدوث الدورة الدموية هي القلب الذي يقوم  
بدرر المضخة وانتقال الدم من أحد جوانب القلب إلى الجانب الآخر  
عن طريق الرئتين ، ثم مروره بعد ذلك خلال الشرايين لكل أجزاء  
الجسم ، وعودته إلى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة . وكان  
هارفي على علم بمرور الدم في الرئتين عندما بدأ بحوثه . وكانت  
إضافته العظيمة هو أنه أوضح دورة الدم خلال الشرايين والأوردة  
وربط بين ذلك وبين مرور الدم في الرئتين ، فوضع بذلك نظاما  
متكاملا لحركة الدم خلال الجسم . غير أنه كانت هناك قطعا حلقة  
مفقودة : كيف ينتقل الدم من الشرايين إلى الأوردة في الأطراف  
لكي يعود إلى القلب ؟ وبعد مرور ثلاثة وثلاثين عاما على ظهور  
كتاب « حركة القلب » ، عثر عالم التشريح الإيطالي مارشيلو ماليجي  
على هذه الحلقة المفقودة عندما كشف وجود الشعيرات الدموية ،  
وهكذا استكملت الصورة التي وضعها هارفي .

ومن الواضح أن القيمة المباشرة لكشف هارفي بالنسبة للطب

والجراحة تفوق كل تقدير ، فهذا الكشف هو أساس كل الجهود التي تبذل لإصلاح الأوعية الدموية المريضة أو التي أصابها التلف ، وأساس العمليات الجراحية في حالة ارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب ، و عملية « الطفل الأزرق »<sup>(١)</sup> الشهيرة ، وغيرها . غير أن الدين أفدح بالنسبة لعلم الفسيولوجيا ، ذلك أن فكرة الدورة الدموية هي أساس فهمنا الحال للطريقة التي يضمن بها الجسم تثبيت بيئته الداخلية . إن الدور الأساسي في الحركة الداخلية لجسم الإنسان يلعبه ذلك السائل الذي كشف هارفي دورته بفضل بصيرته النفاذة العظيمة .



---

Blue baby operation. (١)

# تشارلز دارون

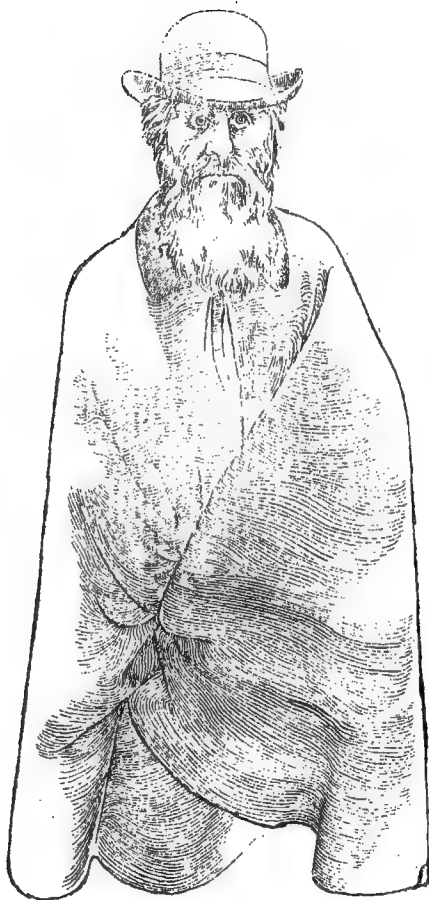
بمتم، لورين له . ايزلى

في خريف عام ١٨٣١ تقابل الماضى والمستقبل على مائدة الغذاء في شخص شاين لم يدركا ما تحبته لهما الايام القادمة . أما أحدهما فهو روبرت فيتزروى ، قبطان بحرى في السادسة والعشرين من عمره سبق له أن جاب البحار ورسم الخرائط لشواطئها ، وينوى الإقلاع في رحلة جديدة طويلة . وكان القبطان فيتزروى رجلا متدينا يعتمل في صدره كره شديد لعلم الجيولوجيا الجديد ، ورأى أن يصطحب معه عالما من علماء الحياة يشاركه خبرته في البرارى ويقف إلى جواره في وجه هؤلاء الذين يستخدمون الصخور لنشر . هرطقاتهم وأما الشاب الآخر الذى كان يجلس في مواجهة القبطان فقد غلب عليه التردد . كان تشارلز دارون بصغر فيتزروى بأربع سنوات ، وكان سيداً يشغل نفسه بالصيد بعد أن فشل في دراسة الطب ، غير أن أسرته ظلت تأمل أن يصبح تشارلز قسيساً في إحدى القرى . وتضاربت

الآفكار في ذهن الشاب ، هل يدع صيد الثعالب في شرويشاير ويذهب لصيد اللاما في أمريكا الجنوبية ؟ هل يريد حقاً أن يذهب ؟ وبينما الشاب في تردده ، وبينما المستقبل ينتظر القرار إذا بالسكا بن فيتزروي يحسم الأمر .

وهذا ما كتبه دارون إلى أخته سوزان بعد ذلك : « إن فيتزروي يؤكد أن الحديث عن البحر الصاحب مبالغ فيه ، ولو أنني اخترت أن أذهب معهم فني وسعى أن أعود إلى إنجلترا بمجرد أن أرغب في ذلك . كما أنه في ميسوري أن أتركهم في أي بلد جميل آمن حيث سأجد المعونة دائماً ، وسأجد لدى كافة المعدات والبنادق . . . . إن الأمور تسير سيراً حسناً ، وإلى اللقاء يا عزيزتي سوزان » .

وفي السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٨٣١ أقلت السفينة « بيغل » ذات العشرة مدافع وعلى ظهرها تشارلز دارون وصحبه . كانت خطتهم أن يمسخوا شواطئ أمريكا الجنوبية وأن يقوموا بقياساتهم الزمنية حول العالم . وكادت الرحلة تنتهي قبل أن تبدأ إذ قابلتهم في مبدأ الرحلة عاصفة قاسية . كتب دارون في مذكراته اليومية : « صار البحر عالياً كالجلبل وطفقت الأمواج تتقاذف السفينة بشكل مرعب . وكانت ليلة ليلاء لم أصادف مثلها من قبل



W. G. GRYSON

والتعاسة تحيط بنا من كل جانب : الرياح تصفر والبحر يزجر  
وصرخات الضباط والبحارة تتعالى ، وتتكون من تلك الأصوات  
جميعها أنشودة لا يمكن أن ينساها المرء سريعا . وحت إرادة  
الله على القطبان فيتزوى وضباطه فلم يغلت منهم الزمام . وقرر  
دارون بعناد غريب أنه كان على حق عندما قبل العرض الذى  
قدمه فيتزوى . وعندما عادت البيجل إلى ميناء بليموث لم يستقل  
دارون ، فقد حزم أمره وقرر « ألا يدع هذه الفرصة الفريدة  
لرؤية العالم . وإنما لفرصة طيبة تعوضنى عما فاتنى فى كامبريدج » .

وبدأت الرحلة التى فتحت الطريق أمام عقل كبير لم تفسده  
التعاليم الكلاسيكية القديمة لكى يشبع نهمه بقطع من الصخر  
وأجزاء من العظام تقبع على الجانب الآخر من العالم ، وأتاحت  
لهذا العقل أن يصيغ من مناقير الطيور وأجنحة الجعارين نظرية  
جديدة قدر لها أن تهز دعائم الفكر العلى فى جميع بلدان العالم .

\* \* \*

وعندما بدأ دارون رحلته التاريخية خلف وراءه فى إنجلترا  
عالماً تغلب عليه النعرة المحافظة ، ذلك أن إنجلترا كانت ترتعد من  
فعال الثورة الفرنسية كما كان يغلب عليها الحذر بالنسبة للأفكار  
الجديدة البازغة التى كانت ترجعها « للملحدن الفرنسيين » . وكان



الجنود الدين يسيطر لحد كبير على العلوم الطبيعية . حتماً إن الفكرة التي سادت خلال القرن السابع عشر ، والتي تقول بأن العالم خلق عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ، لم تصمد أمام دراسات الطبيعيين للصخور وتتابع أنواع الحياة فيها ، ولكن الرأي الذي ينادى بأن كوكبنا قديم وأنه يخضع للتطور بشكل مستمر لم تكن قد تكونت بعد . لم يكن هناك من يتخيل أن عمر الأرض كبير إلى الحد الذي نعرفه اليوم . وكانت فكرة تتابع الأحداث وتحول الحيوان خطوة بخطوة إلى حيوان آخر تبدو مناقضة للمعتقدات الدينية بل مناقضة للشيء المعقول . وكان الكثيرون من علماء الحياة في ذلك الوقت — من أمثال لويس أجاسيز وريتشارد أوون — يميلون إلى الاعتقاد بأن أشكال الحياة المتتابعة في السجل الجيولوجي إن هي في الواقع إلا أشكال خلقت بشكل منفصل وأن بعضها تلاشى خلال الأحداث التاريخية .

غير أن دارون لم يشيد نظرية التطور من الهواء ، والواقع أن هذه النظرية ، شأنها في ذلك شأن كثير من التعميمات العلمية العظيمة ، كانت قد وضعت لها بعض الأسس قبل أن تحمل اسم دارون . وكانت كل عناصر هذه النظرية تتمثل في أذهان الكثيرين ، بل كانت موضع جدل واسع خلال السنين التي قضاها دارون في الكلية . وكان جده إرازماس دارون ، الذي مات قبل

أن يولد دارون بسبع سنوات ، قد اقترح نظرية جريئة عن «تحويل» الكائنات الحية . كما لمعت في ذهن جين بابنست لامارك ومضة رائعة عن التطور المتصل . وكذلك فتح سير تشارلز ليل ، الذى كان أصدق صديق لدارون طوال حياته ، الطريق أمام الفكرة التطورية بإيضاحه أن الأرض ولا بد أن تكون قديمة جداً بحيث تسمح بحدوث تغيرات عضوية غاية ماتكون فى البطء . ورفض ليل الفكرة القائلة بأنثوار أشكال من الحيوانات نتيجة كوارث على نطاق العالم بأسره وأوضح أن قوى الطبيعة — أثر الرياح والصقيع والمياه — تكفى لتفسير أغلب الظواهر الموجودة فى الصخور ، هذا إذا عملت هذه القوى لفترات طويلة جداً . وما كان دارون يستطيع أن يضع نظرية الانتقاء الطبيعى دون استخدام تقديرات ليل عن الأزمئة الضخمة .

وإذا كانت جميع العناصر الرئيسة للرأى الدارونى عن الطبيعة كانت معروفة قبل دارون فلماذا يحتل ذلك المركز المهم فى تاريخ علم الحياة ؟ والجواب سهل ميسور وهو أن كل التعميمات العلمية العظيمة إنما هى فى الواقع عملية تركيب خلاقة . وفى وقت ما تترام الكشوف والملاحظات الصغيرة ويصبح من الممكن تجميعها فى رأى شامل عظيم متعلق بالطبيعة . عندئذ لا تحتاج الإنسانية إلى مزيد من الحقائق بقدر ما تحتاج إلى عقل كبير نافذ يستطيع أن يضئ على

المعلومات المتجمعة معاني ذكية . مثل هذا التركيب يمثل العقل العالمي ، وهو يحقق أرقى الانتصارات . ولا تقل قيمة المكتشف لأنه لم يضع سوى القطعة الأخيرة في حل اللغز الذي اشترك فيه كثيرون غيره ، فإن نجاحه في القيام بهذه المهمة إنما يعنى قدرته على الإلمام بمدى شاسع من الحقائق المتباينة .

وعلىنا أن ندرك أن دارون جاء في وقت مناسب . والواقع أن النظرية التي أطلق عليها اسم الانتقاء الطبيعي كانت تحوم في الجو وتطلب من يخرجها إلى الحياة ، ولا أدل على ذلك من أن رجلا آخر اسمه ألفريد راسل والاس توصل إلى النظرية الدارونية قبل أن ينشرها دارون ودون وجود ثمة علاقة بينهما . ولقد أشار دارون ذاته في حديثه عن تاريخ حياته إلى أن عددًا لا يحصى من الحقائق المشاهدة كان مخزنًا في أذهان علماء الحياة وعلى استعداد لأن يحتل مكانه الحق بمجرد ظهور نظرية تستطيع أن تفسر كافة هذه الحقائق . .

ومن ثم فإن دارون بدأ رحلته وذهنه متفتح لرؤية ما يلقاه وكله فضول وإدراك ، متأهب لرؤية التفاصيل مهما كانت صغيرة . وبينما هو يبحر إلى الجنوب متبعاً شواطئ أمريكا الجنوبية إذا هو يلاحظ الأخطبوط وهو يغير لونه في المياه ، ثم إذا هو يلاحظ

عظاما ضخمة في السهول الجافة ويفكر جاهداً في إيجاد علاقة بين هذه العظام والحيوانات التي تحيا في الوقت الحاضر . أما مواطنو هذه البقاع فيؤكدون أن هذه العظام الحفرية كبرت بعد موت الكائنات ، وأن بعض الأنهار لديها المقدرة على « تحويل العظام الصغيرة إلى عظام ضخمة » . والناس يعجبون في كل مكان ولكنهم ينخدعون نتيجة رغبتهم في العثور على تفسير ميسور ، أما دارون فكان يعمل وفي ذهنه أحلام وأحلام . إنه يقضى الأيام تلو الأيام راكباً أو صاعداً أو مخترقاً السهول التي تعج بالهنود معرضاً حياته للخطر في كل لحظة . وهو يسأل المواطنين هل ازداد عدد اللصوص فيتلقي الإجابة الرمزية : « إن العوسج لم يكبر بعد » . ذلك أن العوسج عندما ينمو يصل إلى ارتفاع الحصان ويمكن أن يحتوى فيه اللصوص . ويدون دارون هذه الحقيقة ، ثم ينطلق . إن العوسج يغطي السهول ، وتتغير طبيعة النباتات النامية تحت تأثير تدخل الإنسان . والكلاب تنبح في الأجمات ، والققط البرى صار أكبر حجماً وأكثر توحشا . في كل مكان يبدو الصراع والتغير والطفرات . ويحملك دارون في وجه أفنى مجلطة ويلاحظ « شيئا غريبا ذا مدلول هام . يبدو لي أن كل خاصة من الخصائص ، حتى ولو كانت مستقلة عن تركيب الكائن لحد ما . . . تميل إلى أن تعاني تغيرات بطيئة » .

وهو يتم كثيراً بالحيوانات الغريبة التي تعيش تحت ظل ظروف قاسية . وهو يرى ضفدعة صغيرة ذات بطن قرمزي ، ويسمها الضفدعة « الشيطانية » ، لأنه يتصور أن هذه الضفدعة ، التي تحيا فوق الكنيبات الرملية تحت الشمس الحارقة ، ولا تستطيع السباحة مثل مثيلاتها ، « هي التي همست في أذن حواء لتخرج آدم من الجنة » . من الضفادع إلى الجنادب ، ومن الحصى إلى الجبال . . لم تكن عيناه تتركان شيئاً . وكان ينظر إلى تفتت الصخور وهبوط الصخور والجلا ميد من عل والشقوق والتواءات في جبال الإنديز والزلازل ويوقن أن الأرض تعمل فيها عوامل الحركة والتغير . ولم يلبث القبطان فيتزروي أن عاد إلى السفر ناشرأ قلاعه ، قاصداً جزر الجالاپاجوس التي تقع على خط الاستواء وعلى مسيرة ستمائة ميل من الشاطئ الغربي لأمريكا الجنوبية . وكانت هذه الجزر في وقت ما موئلاً للقراصنة ، وهي مليئة بالبراكين التي خمدت نيرانها . وينظر دارون إلى هذه البراكين في تذكر مصاهر الحديد الهائلة التي تحيط بها أكرام من العوادم . « إنها عالم صغير قائم بذاته به كائنات لا توجد في مكان آخر » . فهناك السحالف المدرعة الماردة التي تحيا على الصبار . والطيور في هذه الجنة الصغيرة لا تخاف الإنسان : « في يوم من الأيام هبط طائر على حافة آنية أمسكها في يده وبدأ يشرب بكل هدوء ، وظل قابعا في

مكانه وأنا أرفع الآنية إلى أعلى . . وهناك عظاما بحرية كبيرة يصل طول الواحدة منها إلى ثلاث أقدام ، تستلق على الشاطئ . وتاكل الأعشاب البحرية . وترحف « شياطين الظلام » هذه أمام عيني دارون ، بلونها الأسود فوق الصخور ، ، فيعلق قائلا : « ليس ثمة مكان آخر في العالم تحيا فيه هذه الثدييات العشبية بهذه الطريقة الغريبة »

وبالتدرج ، أدرك دارون أن الصدفة أوجدته في أجمل معمل من معامل التطور فوق سطح الأرض . كانت جزر الجالاپاجوس غنية بالتغيرات ، فكل جزيرة تختلف عن الجزيرة الأخرى ، في العظاما الكبيرة وفي النباتات وخاصة في الطيور ذات المناقير المتباينة . واقد لفت سكان هذه الجزر — وخاصة لوسون نائب المحافظ — نظر دارون إلى هذه التغيرات الغريبة . ولكن دارون ، كما قال فيما بعد بتواضع دارون تام : « لم أهتم اهتماما كافيا بهذه العبارات في ذلك الوقت » . هل كانت زيارة دارون لجزر الجالاپاجوس هي الحدث الوحيد الذى أدى به إلى وضع مفهومه الأساسى عن ميكانيكية التطور ، والتغيرات الوراثية فى السكان التى ترتبط بعوامل الانتقاء الخارجية والتى قد تؤدي إلى تباين الحيوانات والنباتات التى تفصل بينها بضعة أميال وتحيا تحت ظل نفس الظروف من الطقس ؟ الواقع أن دارون ذاته لم يوضح هذه النقطة

بشكل كاف . ولعل دارون ، شأنه شأن كثير من العلماء ، لم يعد يتذكر بالتفصيل متى تفجر كشفه العظيم ، ومتى بدأ رحلته الذهنية التي تضاهي رحلته في البحار السبعة . ولعله لم تكن هناك بداية محددة لهذا الكشف العظيم ، وإنما كان هناك إدراك ينمو بالتدرج ويتسع على مر الأيام مع انحسار الضباب وتكسر الستر ووضوح الرؤية .

إن الطرق إلى العظمة مليئة بالمفارقات والتباين . قد تكون الفضائل سبيلا لها ، وقد تكون نقط الضعف كذلك . والواقع أن دارون وصل إلى مكاته العظيمة عن طريق الجمع بين الاثنين ، إذ جمع المواد والحقائق وهو يجرى خلف المعرفة وكله شجاعة وعزم ، بل إن الأمر استدعى أن يقوم برحلة طويلة حول العالم ؛ ولكنه كتب عمله العظيم والمرضى والوحدة يخيمن عليه . عندما عاد دارون إلى إنجلترا بعد رحته على ظهر « البيجل » ، كان رجلا مريضاً ، وظل كذلك حتى نهاية حياته . ونحن نعلم اليوم أن مرضه كان نفسياً لحدما وأن التوتر العصبي هو الذي كان يؤدي به إلى الصداق والأرق . وبعد رجوعه من رحلته بوقت قصير تزوج دارون من ابنة عمه إما ودجود حفيذة مؤسس صناعة الخنزف الضخمة ، ولم يلبث أن انعزل مع أسرته في قرية صغيرة في كنت . وكان يتجنب الأسفار كما يتجنب المرء الطاعون ، اللهم إلا رحلات

قصيرة يقصد بها الاستشفاء حيث توجد المياه الطبيعية . وكانت هذه العزلة مصدر قوته وحمايته . وكانت مخاوفه وشكوكه هي التي دفعت به إلى تنظيم هذا العدد الضخم من الحقائق التي عثر عليها وإلى تدعيم نظريته عن التطور بأسانيد لم تقدم من قبل بمثل هذه الوفرة والقوة .

ولنلخص الآن كيف تمكن دارون من وضع نظريته العظيمة . أما طبيعة ملاحظاته فهي ، كما ذكرنا ، مناقير الطيور وإدراك التغيرات التي تعانيها الكائنات ، وما إلى ذلك . غير أن إدراك حدوث التطور أسهل بكثير من وضع ميكانيكية لكيفية حدوث ذلك التطور . ولقد ظل دارون لفترة طويلة ، عاجزاً أمام هذه المشكلة ، فهو لم يكتف بمجرد الإشارة العابرة إلى أثر البيئة أو إلى توارث الصفات المكتسبة . وأخيراً ، استنتج أنه مادامت التغيرات في صفات الكائن توجد بين أفراد النوع الواحد ، فلا بد أن تكون عملية الانتقاء لبعض هؤلاء الأفراد مع اندثار البعض الآخر ، هي المفتاح الرئيسي للتغيرات العضوية .

واتمد راودته هذه الفكرة عندما فكر في أهمية انتقاء السلالات بهدف تحسين النباتات والحيوانات المستأنسة . ولكنه كان يتساءل عن تلك القوة الانتقائية التي تعمل في الطبيعة البرية .



وفي عام ١٨٢٨ قرأ دارون بالصدفة كوماس مالتس ولمع حل المشكلة في ذهنه . كان مالتس قد قام بدراسة عام ١٧٩٨ خلص منها إلى أن تعداد السكان يزايد بسرعة أكبر من تزايد الغذاء ، الأمر الذى يؤدى إلى حدوث صراع من أجل البقاء .

طبق دارون هذه القاعدة في عالم الحياة العضوية بشكل عام ، وقال إن الصراع من أجل البقاء ، تحت ظل البيئة المتغيرة ، هو الذى يؤدى إلى ظهور التغيرات في تركيب الكائنات . وبعبارة أخرى ، تعاقب الكائنات الحية تغيرات صدفية ، ويعمل الصراع من أجل الحياة دوره في حفظ التغيرات المفيدة وتأكيدها عن طريق الوراثة . أما الأفراد الضعفاء غير المتلائمين فيقضى عليهم ، وأما الأفراد الذين يتمتعون بصفات وراثية طيبة ، « فينتقون » لينحدر منهم الجيل التالى . ولما كانت الحياة لم تتوقف عن التغير ، وكذلك الطقس أو الجيولوجيا ، فإن التطور عملية دائمة الحدوث . ليس ثمة حيوان أو عضو في حالة توازن تام مع البيئة المحيطة به .

هذه هى الفكرة الرئيسية في الدارونية في كلمة مختصرة . إن الحقائق التى كانت معروفة قبل دارون مثل التغير ، ووراثة التغيرات التى تطرأ على الكائن ، وانتقاء النباتات والحيوانات

المستأنسة للحصول على سلالات جديدة ، والصراع من أجل الحياة ... كل هذه الحقائق التي كانت متاثرة تجمعت فجأة واحتلت كل منها مكانها في إطار الدارونية .

وبينما كان دارون يطور نظريته ويرتب الحقائق التي توصل إليها ، آثر أن يحتفظ بسر كشفه العظيم بين جوانحه وعاش في عزلة تامة . لقد ظل ٢٢ عاما بعد رجوعه من رحلته على ظهر « البيجل » يعمل دون أن ينشر كلمة واحدة ، اللهم إلا يوميات رحلته ( التي صار عنوانها فيما بعد « رحلة عالم حياة حول العالم » ) وبعض الرسومات الفنية لما شاهده .

غير أنه يجب علينا ألا نخطئ . فهم عزلة دارون ومرضه ، فقد كان دمك الخلق ومحبا للناس ، وبالرغم من أن الزيارات كانت تؤدي إلى ازدياد حالته سوءا ، إلا أنه مع ذلك لم يكن يعزف عنها ، كما هو منتظر في مثل هذه الحالة ، وإن كانت تكلفه ليالى طويلة لا يطرُق النوم فيها جفنيه . وكان ذهنه المتوثب يعمل طوال هذه الليالى بدرجة كبيرة من التركيز العميق . وكثيرا ما كان يسير وحيدا في الليل البهيم ، ويظل هائما يفكر حتى يقابل الثعالب في الفجر وهي تجرى إلى مخابها .

وفي يوم من الأيام سأل أحد الزوار البستاني الذي يعمل

في حديقة دارون عن صحة سيده ، فأجاب الرجل : « يا المتعاسه ، إنه يقف محمقا في زهرة صفراء ذقائق متتابعة . ولعل صحته تحسن لو أنه وجد شيئا أفضل يقوم به » . والواقع أن طبيعة عمل دارون كانت تثير العجب فيمن حوله من الناس . كان حقا يقف فترة طويلة يخلق في هذا الشيء أو ذاك كما قال البستاني . إنه برع في ذلك النوع من السحر . وعندما كان يزور جزيرة وايت طفق يراقب بذور العوسج وهي تتهاذى مع الرياح ثم خرج بنظرياته عن انتشار النباتات . وكثيرا ما كان يقوم بأنواع من النشاط لا بد أن زوجته الطيبة جاهدت من أجل إخفائها عن الجيران . ففي يوم من الأيام أرسل له أحد أصدقائه نصف أوقية من براز الجراد في أفريقيا ، وكان فرح دارون عظيما عندما تمكن من الحصول على سبعة نباتات من هذه العينة . وعندما تحدث دارون مع ليل بخصوص هذه التجربة قال له : « ليس ثمة مجال للخطأ ، فقد استخرجت البذور من وسط كرات البراز وشرحها » . وإن دارون لم يكن يجد حرجا في البحث عن بذور النباتات في الجهاز الهضمي للجراد النطاظ ، أو في أى مكان أسوأ من ذلك ، لكن يفهم طريقه انتقال البذور من مكان إلى آخر . ويتحدث ابنه الكبير عن تجارب أبيه في لهجة طريفة فيقول : « أعتقد أنه كان يرى في كل بذرة شيطانا صغيرا يحاول أن يضلله بأن يقفز من هنا إلى هناك مخفيا

في هذه الكومة أو تلك ، الشيء الذي جعل ذلك العمل أشبه ما يكون بلعبة مثيرة .

أما الهدف من وراء هذه اللعبة فكان دارون يحتفظ به لنفسه منتظرا يوما بعد يوم حتى يصل إليه . كان يجمع أكواما من الحقائق ويحلم بأنه سيقدم نظريته المتكاملة عن التطور في سفر ضخيم ، ضخيم لدرجة استحالة قراءته بعد تمام طبعه . وفي نفس الوقت كتب روبرت تشامبرز ، أحد باعة الكتب ورجال الصحافة ، كتب ونشر طبعة معدلة من نظرية لامارك عن التطور تحت عنوان « آثار عن التاريخ الطبيعي للخلق » . وبالرغم من أن الكتاب كان يعكس طابع الهواية إلى حد ما ، فإن النقاد سارعوا إلى الهجوم عليه بشكل عنيف ، ومن بينهم توماس هكسلي ، وصادف انتشارا كبيرا بين القراء ؛ وصدرت له طبعات مختلفة في إنجلترا وأمريكا ، الأمر الذي أثبت أن الرأي العام مهتم « بنظرية التقدم » كما كانت نظرية التطور تسمى آنذاك ، أكثر مما تصور نقاد دارون .

وظل دارون طوال هذه الفترة صامتا صمت القبور . وقدم مؤرخوه كثيرا من التفسيرات لذلك الصمت . قال البعض إنه كان مشغولا بتجميع حقائقه ، وقال البعض الآخر إنه لم يرغب في مضايقة فيتزردي ؛ أو أن الهجوم على كتاب « الآثار » قد أفزعه .

أو أنه رأى من الأحكم ألا يكتب في مثل هذا الموضوع الشائك  
إلا بعد أن ينتشر صيته كعالم من الصف الأول . ولعل السبب  
الأساسي كان يكن في شخصيته ، إذ كان بطبعه أميل إلى تجنب  
العاصفة التي لابد وأن تهب بمجرد نشر آرائه . كان يطيب له أن  
يؤجل ذلك الحدث وأن يحتر آراءه مع بعض رفقاته المختارين  
من أمثال ليل وعالم النبات العظيم جوزيف هوكر .

كانت أسرة دارون ميسورة الحال منذ حياة جده إرازماس ،  
وكان تشارلز في وضع يسمح له بتكريس كل جهوده في البحث  
ولم يكن في حاجة إلى العجلة في نشر نتائج بحوثه .

وفي ربيع عام ١٨٥٦ حذره ليل من هذا التباطؤ وقال له :  
« من الأفضل أن ننشر ما وصلت إليه ، وإلا سيقك إليه غيرك » .  
ووعده دارون بأن يسرع في النشر ، غير أنه تباطأ مرة أخرى .  
ونحن نعلم أنه طلب من زوجته أن تتولى نشر بحوثه في حالة وفاته ،  
وكانه لم يكن يستطيع أن يتحمل الشهرة في أثناء حياته ، سواء كانت  
شهرة طيبة أو سيئة . وعلى أية حال فقد ظل دارون يؤجل ويؤجل  
نشر آرائه ، ولعل هذا التأجيل كان سيستمر حتى نهاية حياته  
لولا أن تحقق تحذير ليل فجأة فطمح الحلم الجليل .

كان هناك عالم طبيعي شاب أقل شهرة من دارون يقوم برحلة

فى أندونيسيا يجمع فيها ما يصادفه من أشكال الحياة ، ومكنته بصيرته النفاذة من أن يصل إلى ذلك السر العظيم الذى احتضنه دارون خلال تلك الفترة الطويلة .. ذلك هو ألفريد راسل والاس . وضع والاس الحقيقة إلى جوار الحقيقة ، وتوصل إلى مفهوم واضح عن كيفية حدوث التطور . وأبى القدر الساخر إلا أن يختار والاس دارون بالذات ليعث إليه ، فى يونيو من عام ١٨٥٨ ، ما كتبه عن نظرية التطور لى ينقده ، وكأنه أحس أن دارون أقدر من يستطيع القيام بهذه المهمة .

وفوجئ العالم الكبير مفاجأة ضخمة . إن هذه الجهود التى كان يفرغ لها أقدس مكان من قلبه ، وذلك العلم الذى كرس له أكثر من عشرين عاما ، كل ذلك لم يعد سرا من أسرارہ . إن هناك طارفا جديدا يريد أن يحتل مكان الصدارة قبله . ووجد دارون نفسه فى موقف حرج ، وكانت فكرته الأولى ، النابعة من خلقه القويم أن ينسحب تماما من الميدان ويترك المجد كله لوالاس . وأصر على قوله « إننى أفضل أن أحرق كتابى بأكله ، ولا أن يفكر إنسان أننى قد تصرفت تصرفا خسيسا » . ومن حسن الحظ أن دارون لجأ إلى صديقه ليل وهو كرامر لاسنشايتها قبل أن يقدم على تنفيذ رأيه . وكان العالمان على دراية بجهود دارون خلال السنين الطويلة الماضية ، وأقنعا بأن يقدم ملخصا لأرائه ، مع رسالة

والاس ، إلى جمعية لينياس . وهكذا أعلنت نظرية كل من الرجلين دارون ووالاس في وقت واحد .

\* \* \*

وعندما اجتمعت الجمعية لم يدر كثير من الجدل حول الرسالتين ، وإن سرّت موجة هادئة من الحماس . وبالرغم من الألم الذي اعتصر قلب دارون نتيجة لوفاة ابنه تشارلز ، واصل جهوده لتفسير آرائه بشكل أعمق في كتاب متكامل . ومن الطريف أن دارون أعطى لهذا الكتاب عنواناً هو « ملخص لبحث عن أصل الأنواع ، مصراً على أنه مجرد مقدمة لكتاب أكبر كثيراً . كانت أكوام الحقائق التي عثر عليها تعمل في ذهنه ، وكان الحماس لكل هذه الحقائق يملؤه ويفيض عليه ، وآثر ألا يضع كل آماله في هذا الكتاب الذي أسرع بكتابته ، وكان يشير دائماً إلى الكتاب « الحقيقي » الذي سيوضح كل ما نقصه الوضوح .

والواقع أن مخاوف دارون كانت مجرد أوهام ، فما إن صدر كتاب « أصل الأنواع » ( وهو العنوان الذي اختاره الناشر الذكي ) ، في نهاية عام ١٨٥٩ ، حتى نفدت الطبعة الأولى في يوم واحد . إن هذا الكتاب الذي قدمه دارون على استحياء سرعان ما اعترف به كأحد الأعمال العظيمة التي أنتجتها البشرية . ولم يمض

وقت طويل حتى تهد دارون بسعادة وبدأ ينسى ذلك السفر الضخم  
المثالي الذى كان يتصور وجوب كتابته لإقناع الرأى العام بآرائه .  
والواقع أن الرأى العام ، بل والعلماء ، وجدوا أن كتاب « أصل  
الأنواع » على قدر كبير من الدسامة . وهكذا لم يكن هناك ثمة داع  
لكتابة ذلك السفر الذى يعلو على كل الأسفار . وفي نهاية الأمر  
اتفق العلماء فى العالم مع رأى هكسلى الذى قال بمجرد قراءته  
لكتاب دارون : « كم نحن أغبياء لأننا لم نفكر فى ذلك من قبل ! » .  
وهذا ما يحدث كثيرا فى العلم . . يأتى العالم الخلاق فيجمع حقائق  
ليست جديدة فى فكرة خلاقة جديدة ، وتبدو أمام الناس أضواء  
جديدة تنير لهم العالم فتغير نظرهم إليه .

ولم يحدث من قبل أن صادف مفهوم فلسفى عظيم ذلك الطالع  
الحسن الذى صادفته الدارونية ، ذلك أنه بالرغم من أن الناس  
اعتادوا إبراز الزوبعة التى نارت بين رجال الدين ورجال العلم  
بمجرد صدور الكتاب — تلك الزوبعة التى يوجزونها فى ذلك  
الجدل الذى دار فى أكسفورد بين القس ويلبرفورس وتوماس  
هكسلى — نقول إنه بالرغم من ذلك كان الواقع أن الدارونية  
وجدت قبولا حسنا لدى العلماء وأغلب الرأى العام . كان الطريق  
مهيدا نتيجة جهود ليل المتواصلة وشعبية كتاب تشامبرز « الآثار » .  
وزيادة على ذلك فإن دارون كسب إلى جانبه هوكر العظيم وهكسلى



وهما أكبر مجادلين علميين . أما ليل ، وهو أكثر حضرا ، فقد  
عاون في نشر آراء دارون ولم يهاجمه على الإطلاق . وكذلك  
وقفت آسا جراى ، وهى عالمة أمريكية بارزة فى علم النبات ، إلى  
جوار دارون تدافع عنه . ومن الجميل أن نذكر أن والاس ، بقلبه  
الكبير ، هو الذى عبر عن نظرية دارون بالدارونية وقال إن  
الدور الذى لعبه فى صياغة هذه النظرية لا يتعدى « أسبوعا واحدا  
من عشرين عاما » .

وقفت هذه المجموعة القوية تدافع عن دارون أمام الرأى العام  
بينما ظل هو بعيدا عن المعركة . ومن ضيعته المنعزلة كان يجب  
على الخطابات وكان يستمع إلى تلك الزوبعة التى تبدو فى الأفق .  
وبالرغم من أنه كان يقدر بعمق جهود صاحبه فى الدفاع عنه ، إلا  
أنه أسرى يوما إلى هوكر أنه « يعجب كيف يستطيع المرء أن يجادل  
هكذا أمام الرأى العام كما لو كان خطيبا . وكتب إليه أحد علماء  
النبات المشهورين ، هيويت واتسون ، بعد فترة وجيزة من ظهور  
كتاب « أصل الأنواع » ، رسالة جاء فيها : « لا شك أن فكرتك  
الرئيسية سيُعترف بها كحقيقة من الحقائق العلمية . إن فكرة  
« الانتقاء الطبيعى » تتميز بكل ما تتميز به الحقائق الطبيعية العظيمة ،  
فهى توضح ما كان غامضا ، وتبسط ما كان معقدا وتضيف الشيء  
الكثير إلى معلوماتنا السابقة . إنك أعظم ناثر فى التاريخ الطبيعى

خلال هذا العصر . إن لم يكن خلال كل العصور . .

وكانما كانت كلمات واتسون إلهاما عميقاً ، فنحن نقبلها اليوم كما هي دون أى تغيير . وما إن انقضت سنين عشر منذ نشر « أصل الأنواع » ، حتى ذاعت شهرة دارون في جميع بلدان العالم ، وصارت نظرية التطور بمنابة النجم الهادى لكافة الدراسات في علم الحياة .

ونحن إذا أردنا أن نلخص ما حققه كتاب دارون فإننا نقول إنه أثبت حقيقة التغير التطورى بشكل لا يحتمل الجدل ، هذا إلى جانب أنه أوضح أن قاعدة الانتقاء الطبعى يمكن تطبيقها على نطاق واسع إن لم يكن على نطاق عام . إن فكرة الانتقاء الطبعى قضت على البلبلة التى زحفت إلى علم الحياة نتيجة دخول فكرة الخلق المستقل للأنواع . إن الشاب الذى لاحظ باهتمام عام ١٨٣٢ « أن هناك ثلاثة أنواع من الطيور تستخدم أجنحتها فيما هو أكثر من الطيران ؛ فالبطة تستخدم أجنحتها كمجدافين ، والبطريق يستخدمهما كزعانف والنعامه تستخدمهما كشراع ؛ إن هذا الشاب قد عثر على الإجابة السليمة للمشكلة فى عبارة « التعديلات التى تطرأ فى أثناء الانحدار » . ويقول دارون فى هذا الصدد : « إن المرء ما إن يعترف بحدوث تعديلات فى الكائنات ، حتى يجد نفسه

مضطرا إلى أن يستمر في سلسلة التطور دون أن يستطيع التوقف . .  
خطوة إثر خطوة يجد المرء نفسه مضطرا إلى أن ينحدر في سلم  
الحياة حتى يصل إلى أكثر أشكال الحياة بدائية . وكذلك خطوة  
إثر خطوة يرتفع المرء في سلم التطور من سمك الرذغة إلى الزواحف  
إلى الثدييات حتى يصل إلى الإنسان .

\* \* \*

وعندما كتب دارون « أصل الأنواع » كان حذرا فتجنب  
الإشارة إلى الإنسان ، وبعد اثني عشر عاما كانت نظرية التطور  
قد صارت عميقة الجذور فنشر دراسة عن تطور الإنسان عنوانها  
« انحدار الإنسان » . وكان هكسلي قد سبقه في هذا الميدان بنشر  
كتاباه « دلائل عن وضع الإنسان في الطبيعة » ( ١٨٦٣ ) . وبالرغم  
من أن كتاب هكسلي كان مختصرا إلا أنه كان رائعا في وضوحه  
وتناوله الأمور بشكل مباشر . وعلى العكس من ذلك كان كتاب  
دارون غير متماسك وذاخر بالتفاصيل ، بل إنه كان متناقضا  
في بعض أماكنه ، كما لو كان المؤلف وضع مذكراته الواحدة  
إلى جانب الأخرى دون أن يقرأ الأصول مجتمعة ويخرج منها  
كلا متماسكا .

ولاحدى نقائص ذلك الكتاب أن دارون عجز عن التمييز

الواضح بين الوراثة البيولوجية والتأثير الحضارى على سلوك الإنسان وتطوره . ومن الواضح أن دارون شارك علماء الحياة في عصره ذلك الخطأ ، فقد كان علم الإنسان ما زال وليدا . ولقد أوضح كتاب دارون بطريقة عامة وجود علاقة بين الإنسان والرئيسيات ، وإن ترك هذه العلاقة يعتبرها الغموض . وعلينا أن نتذكر ، على أية حال ، أنه لم تكن قد كشفت بعد أية حفائر للإنسان الأول . وكان على دارس التطور إذ ذاك أن يقتصر ، إلى حد كبير ، على المقارنات الشكلية بين الإنسان الحالى من جهة والقردة العليا من الجهة الأخرى . ومن هنا كثرت التكهّنات المتعلقة بحدود الإنسان الأولى . ولم يكن من العجيب أن يتصورهم البعض كحيوانات أشبه ما تكون بالقرىلا ذات قواطع هائلة ، ولم يكن من العجيب كذلك أن يتذبذب دارون بين هذه التصورات وبين آراء أخرى أقرب إلى المعقول .

وعلى المؤرخ النزيه أن يسجل أن دارون لم يكن في قته عندما عالج الإنسان ويقول أحد نقاد القرن التاسع عشر في هذا الصدد : « كانت دنيا دارون مليئة بالحشرات والحمام والقردة والنباتات الغريبة ، أما الإنسان فلم يكن له مكان فيها » . وإذا سمحنا لأنفسنا أن نتغالى بعض الشيء مع ذلك الناقد ، فإننا نرجح أن دارون كان يجد في كتابة كتاب عن دودة الأرض متعة تفوق متعته حين

يتأمل في ذلك الكائن العنيد الذى يستطيع الرد على الحجة بمثلها ، وخاصة إذا كانت الحجة لا تقوم على قدميها . وعلى أية حال ، فما كان لرجل يشكو من الأرق وآلام المعدة أن يتصدى لدراسة نوعه . ومن الأفضل ، على الأقل ، أن ينتظر حتى يتحجر الإنسان ويصبح جزءا من الطبقات الجيولوجية .

وكان دارون يعرف ذلك ، وترك لندن لكي يعمل في سلام بعيدا عن الضجة . وعندما كان يعالج النباتات المتسلقة ، أو نباتات الأوركيد المعقدة ، أو ورد الشمس الذى يقتنص الحيوانات ، لم يكن يلقى هجوما من الميتافيزيقيين ، ولم يكن يجابه عبارات تلقى في وجهه عن الأخلاق أو الدين . ولم يكن دارون بطبيعة الحال يرغب في استبعاد الإنسان عن النظام التطورى الذى وضعه ، ولكنه كان يكتفى بوضع الإنسان كمجرد جزء من تلك الكلمة الواسعة المتعددة الأشكال وهى « الحياة » . وكان يترك للفلاسفة علاج الجوانب الأخرى للإنسان . وشكا يوما إلى أحد أصدقائه قائلا : « كثيرا ما حنقت على الطريقة التى يتحدث بها الناس ( ومنهم ليل ) عن ذلك الكائن الذى يسمى الإنسان ، أنهم يتحدثون عنه كما لو كان يحتل في مسرح الحياة مكانة أهم ، من الناحية الجيولوجية . من بقية الحيوانات الثديية » .

وإن شهرة دارون كواضع نظرية التطور تخفى حقيقة لاشك فيها وهي أنه كان من أعلم العلماء الطبيعيين في عصره ، بل وفي كل العصور . كان يتمتع بقدرة رائعة على رؤية المشاكل العميقة في أبسط الأشياء ، وأفضل مثل على ذلك تلك الدراسة التي قام بها عن حركة النباتات ونشرها قبل أن يموت بعامين . لقد قام بعدد من التجارب المبدعة ذات الأهمية الكبيرة في علم النبات التجريبي ، وذلك على النباتات اللفافة التي لم تكن قد درست بشكل كاف . ولعل السبب في نجاح دارون هو المقارنات المستمرة التي كان يجريها بين النبات والحيوان . وهناك قصة طريفة تروى لتبين كيف كان دارون أقوى ملاحظة من معاصريه . كان دارون يشرح لهكسلي وزميل آخر كيف يقوم نبات « الدروسيरा » ، أو ورد الشمس ، بالإمساك بالحشرات باستخدام شعيراته اللزجة . وكان الزائر أن يستمعان إلى دارون كما لو كان قد أصابه « مس » . ولجأه صرخ هكسلي وكاه عجب : « انظروا . . إن النبات يتحرك فعلا » .

\* \* \*

وعندما يحيط المرء بذلك الطريق الطويل الذي سلكه دارون لكي يصل إلى كشفه العظيم يعجب للدور الكبير الذي لعبته الجذور المحيطية في هذا الكشف . . وكثير من الناس يهلون ذلك الدور

لحد كبير . ويعتقد البعض أن كلمة « التطور » تعنى شيئاً حدث في الماضي، شيئاً يرتبط بالقردة المتحجرة والديناصورات ، شيئاً نعرش عليه في الصخور والجبال المتحاثه ، شيئاً يكن في تاريخ عالم من صنع صائد العظام ؛ أى عالم الحفائر . وبما يدعو إلى العجب أن عالم الحفائر هذا هو الذى وقف متحدياً دارون والنظرة التطورية . ولم يكن علم الحفريات متقدماً كما هو اليوم ، ولذلك فقد كان السجل الجيولوجى مليئاً بالثغرات . وكان نقاد دارون يصرخون في وجهه قائلين : « أين هي هذه الحلقات ؟ أين حلقاتك المزعومة بين القرد والإنسان ، بين الحوت وحيوانك الأرضى المفقود ؟ أرنا هذه الحفريات وبرهن على ما تقول » . وكان دارون يجيب عليهم قائلاً : « هذا هو أوضح وأخطر اعتراض يوجه إلى نظرتى ، غير أننى أعتقد أن التفسير يكن في الثغرات الكبيرة الموجودة في السجل الجيولوجى » . وكان لا بد من العثور على دليل اتصال الحياة في مكان آخر غير السجل الجيولوجى . ولعبت الجزر المحيطية دوراً مهماً في هذا السبيل .

وكان المفروض ، قبل دارون ، أن النباتات والحيوانات الموجودة على هذه الجزر تعتبر دليلاً على اتصال قديم بين هذه الجزر وبين القارة القريبة . غير أن دارون لاحظ عدداً من الأمور ، لاحظ أن هذه الجزر تملأ من رتب بأكلها من الحياة الموجودة

على القارة ، كما لاحظ أن بعض النباتات العشبية على القارة قد نمت إلى أشجار خشبية على هذه الجزر ، ولاحظ أخيرا أن الحيوانات الموجودة على الجزر تختلف عن مثيلاتها الموجودة على القارة.

وكان الشيء الذى لفت نظره وحيره أكثر من أى شىء آخر هو ذلك التباين الموجود فى مناقير الشراشير الموجودة فوق هذه الجزر . رأى لهذه الشراشير مناقير بيغائية وأخرى مقوسة وأخرى مستقيمة وغيرها صغيرة ، مناقير تصلح لأغراض متباينة . ولم يكن ذلك التباين فى المناشير يلاحظ فى مكان إلا على هذه الجزر ، ولا بد أنها تكونت هناك . وكان تعليق دارون على ذلك : « بوسع المرء أن يتخيل أنه من ضمن الطيور الأولى التى كانت موجودة على الجزر ، أخذ نوع من الأنواع يعانى تعديلات كثيرة كل منها يهدف إلى غرض بعينه ، . تحولت هذه الطيور ، خلال المعركة القائمة من أجل البقاء فوق الجزر الصغيرة ، إلى أشكال متباينة تستطيع أن تحصل على غذائها وتحمي تحت ظل ظروف بيئية محلية خاصة . ولقد قال عالم الطيور دافيد لآك فى هذا الصدد : « إن شراشير دارون تكوّن عالما صغيرا خاصا بها ، ولكنه يعكس بوضوح خصائص العالم الكبير ، .

ولا جدال فى أن إدراك دارون للمدلولات الموجودة فى ذلك



العالم الصغير ، حيث القوى التي تعمل لخلق كائنات جديدة تبدو واضحة للعيان ، كان شيئاً ضرورياً لوصل دارون إلى كشفه المتعلق بأصل الأنواع . إن الأنواع المتداخلة المتشابهة من الحياة فوق سطح القارة تنحدر لحد كبير في الجزر فيستطيع المرء أن يلاحظ بشكل أنجح العوامل المؤثرة . ولقد أكد دارون مرارا وتكرارا الدور الذي لعبته هذه الجزر في صياغة تفكيره . وذكر لصديقه ليل في يوم من الأيام أنه ما من شيء يساعد التاريخ الطبيعي قدر « التجميع بعناية ودراسة كل أشكال الحياة التي نجحت فوق أكثر الجزر انعزالا ... إن كل قوقعة هناك ، وكل نبات له أهمية قصوى » .

إن دارون ولد في وقت مناسب تماما للرحلات العلمية العظيمة ، فلو أنه جاء قبل ذلك لاستحال عليه أن يقرأ ما تدل به هذه الجزر من أسرار ، ولو أنه تأخر عن ذلك لوجد أن هذه الأسرار بدأت في التلاشي والاختفاء . وأليوم يتلاشى سكان هذه العوالم الصغيرة ، ودون أن يتعمق الإنسان في دراستها في كثير من الأحيان . إن الإنسان قطع على هذه الكائنات وحدتها وحمل معه القطط والجrzان والماعز والخنازير والحشرات والأعشاب من القارات . وأمام هذه الضيوف الأكثر تحملا والأكثر عنفاً والأكثر عدواناً ، تلاشت الحيوانات والنباتات الغريبة والجميلة التي كانت تقطن هذه

الجزر المنعزلة دون أن تترك أثراً . فالسلحفاة الهائلة التي كانت في جزر الجالاپاجوس اندثرت تقريباً ، كما اندثرت السحالي التي كان دارون يلعب بها . وكادت بعض الشراشير الصغيرة الغريبة والنباتات النادرة هناك أن تختفي . وفي جزيرة مدغشقر بدأت الليمورات ، أقرباؤنا البعاد ، التي انبثقت منها أشكال غريبة كثيرة ، بدأت في الاندثار نتيجة للقضاء على الغابات . وحتى في أستراليا لعب الإنسان دوراً كبيراً في إفناء بعض الحيوانات الأصلية هناك . إن عوالم روبنسن كروزو ، حيث تحيا الكائنات في تكاسل ودون خوف من الإنسان ، اندثرت نهائياً . وحيثما كانت تغرد العصافير والطيور صارت النفاثات تزأر وتهدر ، وحيثما كانت تختفي الحيوانات المختلفة كمنّت الطائرات وقاذفات القنابل . كم كان دارون يتولاه العجب لو رأى تلك الأماكن بشكلها الحالي !

أما عن أفكار دارون في الساعات الأخيرة من حياته قبل أن يتوفى عام ١٨٨٢ ، وهو يصارع قلبه الضعيف ، فنحن لا نعرف الكثير . ولا يسع المرء إلا أن يتساءل عن الصور التي كانت تبرز أمام عيني الرجل الذي لم يؤمن بالجنة وهو يودع ذلك العالم ، هل كان يرى مرتفعات جزر الجالاپاجوس السوداء التي وصفها فيتزروي بأنها « أنسب مكان لمجمع الشياطين » . وما من شخص سيري هذه الأماكن كما رآها دارون : أراضى تحرقها الشمس

الاستوائية القاسية وفوقها تعج الزواحف السوداء التي خلقت منذ القدم ثم فقدت . وفى يوم من الأيام صرخ دارون وكاله انفعال وقال : « يا لهذا الكتاب الذى خطه يد شيطان ، كم هو ملىء بالأراضى الجرداء المنخفضة القاسية الكثيفة ! » ولم يتحدث دارون أو يكتب بهذه الطريقة مرة أخرى . كان ذهنه أميل إلى أن يتذكر هذه الأماكن وطائر الفردوس يرشف الماء من إناء بين يديه . وعندما حانت نهايته قال هذه الكلمات برباطة جأش « لأننى لست خائفاً من الموت » .

كانت هذه هى الروح التى سيطرت عليه عندما قام برحلته العظيمة أيام شبابه، ولعلها كانت تكفيه وهو يقوم برحلته الأخيرة.



# پافلوف

بمقام : ہیرزی کونورسکی

**مختصر** ایوان پتروفش پافلوف ، الفیولوجی الروسی العظیم ،  
أحد الشخصیات النادرة فی العلم الی انتشرت أعمالها  
فی جمیع البلدان فی أثناء حیاتها . حقا إن اسم پافلوف یجعلنا نتذكر  
فورا کلبه الصغیر الذی یفرز العصارة من فیه بمجرد سماعه لقرع  
الجرس ، ولكن ذلك الاسم یجعلنا نتذكر قبل ذلك وبعد ذلك  
المساهمة العظيمة الی أسهم بها فی العلم ، وهی مرتبطة أوثق الارتباط  
بما یسمى «الانعکاس الشرطی» .

والواقع أن بحوث پافلوف ترکت أثرا لا یمحی علی علم  
الفیولوجیا وعلم الأعصاب وعلم النفس . وبالرغم من شهرته  
الواسعة لم تكن أعماله معروفة علی وجه الدقة خارج بلاده .  
ومن الواضح أن المرء لا یستطیع أن یعرض فی مثل هذا المقال  
أعمال پافلوف بشكل شامل ، ولذلك فإننا سنکتفی ببعض

الذكريات الخاصة ن بافلوف ، كما مستقيماً بعض بحوثه  
الأكثر أهمية .

كان بافلوف رجلاً ذا مواهب متعددة واضحة ، متوقد الذهن  
قوى الذاكرة مليئاً بالنشاط والحيوية ، ولكنه ظل ، مع ذلك ،  
إلى نهاية حياته بسيطاً كل البساطة متواضعاً كل التواضع . كان معمله  
في لينينجراد ، حيث عَمِلَتْ تحت إشرافه ، خلية من نحل . وبالرغم  
من أنه كان في الثمانين من عمره إلا أن حماسه لم يفتر للبحوث  
العلمية ، وكان ينشر ذلك الحساس من حوله . كان الروح المحركة  
لأغلب البحوث التي تم في المعمل ، ولم يكن يتورع عن الرقص  
طرباً وهو يرى تجربة تكلل بالنجاح . وكان معمله منظماً كل  
التنظيم ، ففي كل أربعماء يجتمع معاونوه ، وهم عشرات من  
العلماء ، لمناقشة مشاكلهم وتبادل الآراء بخصوصها . وكان  
پافلوف ، ذو الموهبة العجيبة على التحدث ، يدهش زملاءه . كان  
يحارب بكل قوة من أجل الآراء التي يؤمن بها ، وكان يسوق  
الدليل تلو الدليل ليبرهن على رأيه ، ولكنه في نفس الوقت كان  
يسارع بالاعتراف بخطئه إذا ما تبين له ذلك .

وهناك قصة كثيراً ما تروى لأنها تعبر بشكل طريف عن  
موقف بافلوف العام بالنسبة لما يقوم به من أعمال : كان يقوم



HEMANT  
DRYSON

بدراساته الأولى المتعلقة بالجهاز الهضمي ، ووجد أن حامض الإيدروكلوريك يؤثر في الإثني عشر ويجعل البنكرياس يفرز عصارتة . واعتقد بافلوف أن الحامض يؤثر بطريقة أو بأخرى على الجهاز العصبي فتحدث النتيجة المشاهدة وهي ذلك الإفراز . وبعد فترة من الزمن بين العالمان الإنجليزيان السير وليام بيليس وإرنست ستارلنج أن إفراز البنكرياس يحدث نتيجة أثر هورموني : فعندما يلامس حامض الإيدروكلوريك الغشاء المخاطي للإثني عشر فإنه يدفعه إلى أن يفرز هورمونا يسمى « سيكرتين » ، وأن هذا الهورمون هو الذي يدفع البنكرياس إلى الإفراز . وقال بافلوف أول الأمر أن هذا أمر مستحيل ولا يعقل ، غير أنه أعاد تجارب العالمين الإنجليزين ورأى أن استنتاجهما سليم ، وعندئذ قال محققا ، والعجب والتأنيب الذاق يسيطران عليه ، ودون ماحسد أو غل : « وبعد ، لسانا نحن الوحيدين الذين نكشف الأشياء الجديدة » .

\* \* \*

ولد بافلوف عام ١٨٤٩ في مدينة ريازان بأواسط روسيا . وكان أبوه قسا أرثوذكسيا من قساوسة القرى ، وكان من الطبيعي إذن أن يتلقى بافلوف تعليمه في معهد ديني . ولكنه سرعان ما تبين أن ميوله تتجه إلى ناحية أخرى فالتحق بكلية العلوم الطبيعية في



جامعة سانت پيترسبورج . وواصل دراسة الطب في الأكاديمية العسكرية الطبية وتخرج فيها عام ١٨٧٩ . وقام بافلوف بأول بحث له ، وهو بعد طالب ، في فسيولوجيا الدورة الدموية . وعين من ضمن موظفي عيادة الأمراض المتوطنة . ولقد أوكل رئيس العيادة إلى بافلوف أن يشرف على تنظيم معمل الفسيولوجيا ، حتى يتم الربط بين النظرية والتطبيق في العيادة . ولقد أجرى بافلوف أغلب بحوثه الأولى في ذلك المعمل الصغير في عيادة سانت پيترسبورج ، اللهم إلا خلال عامين بين ١٨٨٤ - ١٨٨٦ اشترك فيهما مع العالم الفسيولوجي الألماني كارل لودفيج في مدينة ليزيج .

كانت الإمكانيات المعطاة له من نوع بدائي جدا ، فالمعمل لم يكن أكثر من مبنى خشبي لا يختلف كثيرا عن الكوخ ، وكان عليه أن يوفر المال اللازم لبحوثه من مرتبه الضئيل ، ولم يكن معه معاونون منتظمون . وبالرغم من ذلك ، استطاع ، بفضل طاقته الجبارة ومثابرته وتفانيه في عمله ، أن يشق طريقه ويصل إلى كشف هامة أكسبته شهرة لا تتناسب مطلقا مع ذلك المعمل المتواضع الذي يعمل فيه . وفي عام ١٨٩٠ عين أستاذا لعلم العقاقير في الأكاديمية العسكرية الطبية ، وفي عام ١٨٩١ عين رئيسا للمعمل الفسيولوجي بمعهد الطب التجريبي الذي أنشئ في ذلك في سانت پيترسبورج .

وما إن حلت نهاية القرن التاسع عشر حتى كان پافلوف شخصية معترفاً بها كواحد من أبرز علماء الفسيولوجيا في العالم . وفي عام ١٩٠٤ حصل على جائزة توبل تقديرأ لجهوده في فسيولوجيا الهضم . وفي عام ١٩٠٧ انتخب عضواً في أكاديمية العلوم الروسية ، وأصبح بعد ذلك مدير المعهد الفسيولوجي التابع للأكاديمية ، وظل في هذا المركز حتى نهاية حياته . وفي العقد الرابع من القرن الحالى شيدت له محطة فسيولوجية في كوتلوزي ، التي تسمى الآن پافلوفو ، بالقرب من ليننجراد . . وفي فبراير من ١٩٣٦ أصابه التهاب رئوي ، ومات وعمره ٨٧ عاماً .

• • •

إذا تجاوزنا عن دراسات پافلوف الأولى الخاصة بتنظيم ضغط الدم ، وهي بحوث طريفة وإن لم تكن ممتازة بشكل خاص ، ففي ميسورنا أن نقسم نشاط پافلوف العلمى إلى مرحلتين : المرحلة الأولى من العقد الثامن الماضى إلى عام ١٩٠٢ ، وكرس پافلوف فيها نفسه للدراسة المفصلة لوظائف القناة الهضمية . ومنذ عام ١٩٠٢ حتى وفاته كان يسبر أغوار فرع جديد من فروع المعرفة خلقه هو ، ذلك هو فسيولوجيا النشاط العصبي الراقى .

ومن المعلوم أن بحوث پافلوف حول إفرازات القناة الهضمية

صارت الأساس الذى تقوم عليه معارفنا الحالية فى هذا الميدان . وكانت تسيطر على بافلوف ، خلال تلك الدراسات ، وكذلك خلال بحوثه اللاحقة فى الجهاز العصبى ، عدة مبادئ وأفكار قد لا يعود إليه الفضل الكامل فى وضعها ، ولكن له الفضل فى تطويرها بشكل واضح .

أما أول هذه المبادئ فهو أن الكائن يقوم بوظائفه كوحدة متكاملة ، وأن فحص الأعضاء المنفصلة فى ظروف صناعية تجرى خلالها التجارب لا يمكن أن يؤدى إلى فكرة سليمة عن كيفية سلوك هذه الأعضاء وهى تعمل بشكل طبيعى فى جسم الكائن . ولذلك فإن بافلوف كان يحاول دائما أن يقوم بتجاربه الفسيولوجية تحت ظل ظروف أقرب ما تكون إلى الظروف الطبيعية . وعند قيامه بتجاربه المتعلقة بالقناة الهضمية لجأ إلى عدد من العمليات العبقرية التى تهدف إلى أن يظل عضو الحيوان يقوم بوظيفته بشكل طبيعى أثناء إجراء التجربة عليه . لقد عثر ، مثلا ، على وسيلة تجعل قنوات الغدد اللعابية والبنكرياس تصب فى الخارج دون أن تنزع هذه الأعضاء من الجسم ، كما تمكن من أن يعزل جزءا من هذا العضو أو ذاك دون أن ينزعه من ارتباطاته مع الجهاز العصبى . وإحدى تجاربه الشهيرة تسمى « كيس بافلوف » ، وفيها عزل جزءا من معدة كاب وكون من ذلك الجزء كيسا فتحته فى جدار البطن

وتصب إلى الخارج . والشبكة العصبية في ذلك الكيس سليمة تماما بحيث أن العمليات الإفرازية التي تتم في المعدة التي تنلق الغذاء ، تتم بالضبط في ذلك الكيس ، بالرغم من عدم وصول غذاء له ، ومن ثم يمكن الحصول على الإفرازات ودراستها بمنتهى الدقة .

ومن الواضح أن نجاح مثل هذه العملية وبقاء الكلب في صحة جيدة كان يتطلب درجة عالية من النظافة والتطهير ، كما كان يتطلب العناية التامة بالحيوان بعد العملية . وبالرغم من أن هذه الفكرة تعتبر اليوم شيئا عادياً ، فقد كانت حقاً فكرة مبدعة في زمن بافلوف .

أما المبدأ الثاني الذي كان يهدى بافلوف في كل بحوثه فيسمى مبدأ « العصبية » ، وهو يفترض أن الجهاز العصبي يتحكم في كل وظائف الجسم . وعلينا أن نتذكر أن الدراسات المتعلقة بالغدد الصماء كانت في مهدها إذذاك . كان بافلوف يعتقد أن الجهاز العصبي هو الذي يتحكم في نشاط الكائن وينظمه ويجعل منه كلاً متكاملًا ، ولهذا فإنه كان دائم الاهتمام بتوضيح دور الأعصاب . وفي إحدى تجاربه الجميلة قام بإجراء عدة عمليات على الجهاز الهضمي للكلب بهدف دراسة النظام الذي تفرز به المعدة عصاراتها . فصل بلعوم الكلب عن المعدة وأوصله للخارج بحيث لا يصل الغذاء

الذى يتناوله الكلب بفمه إلى المعدة ولكنه يسقط مرة أخرى إلى الخارج عن طريق فتحة البلعوم . وفي نفس الوقت وضع أنبوباً يصل المعدة إلى الخارج لدراسة سلوك المعدة والإفرازات التى تتكون بها . ووجد أنه بالرغم من أن الغذاء لا يصل إلى المعدة فعلاً ، فإن المعدة تفرز عصاراتها متأثرة بمضغ الكلب للطعام والعمليات الأخرى التى تصاحب تناول الغذاء . وأثبت بافلوف أن الأعصاب الحائرة هى التى تؤدى إلى حدوث ذلك الأثر ، ذلك أنه فى حالة قطع هذه الأعصاب يتوقف إفراز المعدة فوراً بالرغم من استمرار الكلب فى تناول الغذاء . وإن انصباب بافلوف على وضع نظرية الدور المركزى للجهاز العصبى قد يفسر لنا عجباً وعدم تصديقه لكشف بيليس وستارنج أن الهورمونات تلعب كذلك دوراً فى عملية الهضم .

أما المبدأ الثالث الذى كان يضئ الطريق لبافلوف فهو إيمانه أن التجارب الفسيولوجية ذات عدلول كبير بالنسبة للطب التطبيقى . هذه الفكرة التى يقبلها الجميع اليوم بكل بساطة ، لم يكن متفقاً عليها إذ ذاك ، على الأقل فى روسيا .

\* \* \*

وكان من الطبيعى أن ينتقل بافلوف ، بعد نشاطه المتعلق

بالجهاز الهضمي ، إلى دراسة الجهاز العصبي وتمحيص الأفعال المنعكسة الشرطية ، أى إلى المرحلة الثانية من جهوده العلمية . وتفسير ذلك أن بافلوف تأثر كثيرا بكشفه الخاص بإفرازات الغدد اللعابية والمصارات المعدية في الكلب ، وكيف أن هذه الإفرازات لا تتم فقط عندما يلامس الغذاء الغشاء المخاطي للفم والمعدة ، ولكنها تتم كذلك بمجرد رؤية الكلب للطعام أو بمجرد حدوث أية إشارة مرتبطة بتقديم الغذاء . يتضح من ذلك أن الإفرازات الهضمية ، التي اعتبرها بافلوف ظاهرة فسيولوجية بحتة ، قد تقوم على أساس نفسى وترتبط بالخبرات التي اكتسبها الكلب .

كانت هذه الفكرة شيئا مذهلا بالنسبة لعالم الفسيولوجيا في ذلك الوقت ، ذلك أن علم الفسيولوجيا وعلم النفس كانا يعتبران ميدانين منفصلين تماما . كان علم الفسيولوجيا يقصر اهتمامه على معالجة الاستجابات الفطرية التي تحدث في جسم الكائن وخاصة تلك التي تتحكم فيها الأجزاء الدنيا من الجهاز العصبي ؛ أما الاستجابات المكتسبة أو التي تعلمها الكائن فتقع في ميدان علم النفس . وواجهت بافلوف مشكلة محيرة : هل يجب عليه أن يدع الوسائل الفسيولوجية ويتحول إلى الوسائل النفسية لكي يدرس السلوك الهضمي للكلب ؟ لم يكن يستطيع أن يفعل ذلك ، لأنه لم يجد

ثمة وسيلة للتأكد من نظريات علم النفس عن طريق التجربة .

وبعد تردد طويل قام عشر بافلوف على حل جرىء رائع للمشكلة . إنه سيعالج المشاكل النفسية باستخدام الوسائل الفسيولوجية البحتة . إن إفراز اللعاب أو العصارات المعدية ، على أية حال ، ظاهرة واحدة سواء كان أصلها فسيولوجيا أو نفسيا . ودار في ذهن بافلوف أن تطبيق وسائل التجربة الفسيولوجية لدراسة السلوك المكتسب قد يفتح ميدانا جديدا هائلا من ميادين البحث العلمي .

وقرر بافلوف أن يركز تجاربه على الغدد اللعابية لأسباب كثيرة مدروسة . كان يعلم من بحوثه السابقة أن الغدد اللعابية شديدة الحساسية وأن نشاطها يتأثر بعوامل محدودة ومعينة لدرجة أكبر من الأجهزة المحركة ، وهي أكثر الأعضاء استجابة للسلوك المكتسب . والأهم من كل ذلك أن بافلوف أدرك أن البحوث المتعلقة بالغدد اللعابية لن تعرض كثيرا لخطر التفسيرات النفسية للنتائج ، الشيء الذي كان ينبغي تجنبه بكل الوسائل .

وعلى ذلك بدأ بافلوف ومعاونوه دراساتهم المتعلقة بالانعكاسات المكتسبة أو كما كان يسميها الانعكاسات الشرطية « الطبيعية » ، التي تحدث في الحيوان بشكل تلقائي عندما يستجيب لمرأى الطعام أو لرائحته مثلا . وبعد ذلك ، وبعد أن تكاملت أساليب

بافلوف ، بدأت مجموعته في خلق الانعكاسات الشرطية كاستجابة لإشارات خاصة مثل دق الجرس أو ضوء المصباح .

وسرعان ما توصل بافلوف إلى نتيجة هامة هي أن العمليات الشرطية تتم بطريقتين : ففى إما أن تنتج استجابة وإما أن تكف الاستجابة . فإذا لم « يقوى » المؤثر الشرطى ، أى إذا لم يصاحبه تقديم الطعام ، فإن الانعكاس الشرطى سيتلاشى . ولقد أوضح بافلوف أن هذا التلاشى يحدث بنظام خاص أطلق عليه الكف الداخلى .

وفى المرحلة الأولى من البحوث ركزت مجموعة بافلوف اهتمامها على خواص الانعكاسات الشرطية المتأثرة والمكفوفة والعلاقة بينهما . ثم توسعت البحوث بعد ذلك فأحاطت بميدانين جديدين على درجة كبيرة من الأهمية . لقد وضع ، أولاً ، عن طريق تكرار نفس التجارب على عدد كبير من الكلاب أن هذه الحيوانات تتباين لدرجة كبيرة من حيث سرعة تكوين الانعكاسات الشرطية ، ومن حيث درجة ثبوت هذه الانعكاسات ، ومن حيث تأثير الانعكاسات الكفية على الانعكاسات المتكونة ، وهكذا . واستخدم هذا التباين كأساس لوضع تقسيم لنماذج الجهاز العصبي ، وهذا الموضوع كان محل بحوث كثيرة فى السنين الأخيرة . وبذلك جهود فى المحطة



البيولوجية في بافلوف لتوضيح أن نوع الجهاز العصبي في الكائن يمكن أن يورث لذريته . وكان الكشف الثاني الذي توصل إليه بافلوف ومجموعته في العقد الثاني من بحوثهم المتعلقة بالانعكاسات الشرطية أنه من الممكن الوصول إلى حالة عصبية في الكلب ناجمة من التضارب بين عمليتي الإثارة والكف .

وأدى الكشف الثاني إلى إجراء بحوث واسعة فيما يسمى بالحالة العصبية التجريبية ، أعراضها وتشخيصها وعلاجها . وفي هذه التجارب أثبتت الانعكاسات الشرطية المتعلقة بالغدد اللعابية أنها على درجة كبيرة من الحساسية ، وأنها دليل دقيق على حالة الجهاز العصبي العادية وحالته المرضية . وقرب نهاية حياة بافلوف ألحقت بمعاملة عيادة تشخص وتعالج الأمراض النفسية والأمراض النفسية العصبية عن طريق محاولة تحليل مختلف الحالات العصبية في الإنسان على أساس القوانين التي استخلصت من التجارب على الحيوانات . إن بافلوف لم ينس ، في خضم بحوثه الطويلة المعقدة ، أمله الطويل الأمد في استخدام بحوثه على الحيوانات لمصلحة الإنسان .

بهذا تكون قد لخصنا الخطوط العامة للاتجاهات العلمية الأساسية التي حققها بافلوف ومدرسته . ولا حاجة بنا إلى تأكيد أهمية البحوث التي أجريت على فسيولوجية العمليات الهضمية .

غير أننا نلاقى صعوبة أكبر عند تقريرنا لقيمة مجوئه المتعلقة بالانعكاسات الشرطية .

من المعترف به ، بشكل عام ، أن الانعكاسات الشرطية لعبت دوراً هاماً في تطوير علم الفسيولوجيا الحديث ، واليوم تقوم مدارس بأكملها على أساس ما حققه بافلوف في هذا الميدان . غير أنه نظراً لأن التطبيق الفسيولوجي للانعكاسات الشرطية قد تطور بشكل خاص في الولايات المتحدة ، فإنني كأوروبي بعيد عن مركز هذه الاتجاهات الجديدة ، أجد نفسي في موضع لا يسمح لي بمناقشتها . أما فيما يتعلق بالتطبيق العملي لأراء بافلوف في مجالات الأمراض النفسية العصبية والصحة النفسية والتعليم ، فإن علينا أن ننظر بعض الوقت حتى تبين قيمة ذلك . وبناء على ذلك فإنني سأقتصر على معالجة مدلول الانعكاسات الشرطية بالنسبة للحالات العصبية الفسيولوجية ذاتها .

كثيراً ما كان بافلوف يطلق على تعاليمه الخاصة بالانعكاسات الشرطية عبارة « الفسيولوجيا الحقيقية للمخ » . وكان يرى أن دراسة الانعكاسات الشرطية ليست غاية في ذاتها ولكنها وسيلة لفهم النظام المركزي الذي يتحكم فيها ، وهو القشرة المخية . وكان بافلوف يعترف بأن هناك وسائل أخرى لدراسة نشاط القشرة

المخية ، مثل وسيلة الاستثارة الكهربائية للقشرة المخية في الحيوان غير المخدر ، وأن هذه الوسائل قد تكون ذات قيمة كبيرة ؛ غير أنه كان يرى أن الصورة الحقيقية لنشاط القشرة لا يمكن أن تتضح إلا عن طريق دراسة العضو وهو في حالته الطبيعية ، كما في تجارب الانعكاسات الشرطية . وقوى هذا الاعتقاد لدى بافلوف عندما وصل إلى تناءمه الباهرة المتعلقة بالقناة الهضمية .

ومن الحقائق الطريفة أن موقف بافلوف ووسائله اتفقت لحد كبير مع آراء ووسائل معاصره الإنجليزى الكبير السير تشارلز شيرنجتون . والواقع أن كلا منهما قام بدراساته الفسيولوجية على أساس استخدام مؤثرات محددة من الناحيتين الكيفية والكمية ، وعلى أساس الجمع بين هذه المؤثرات ، وكذلك قام كل منهما بدراسة النظام المركزى للانعكاسات عن طريق فحص رد الفعل الذى يحدث فى الحيوان . غير أن شيرنجتون كان يقوم بدراساته على الحيوانات التى انتزعت منها مراكز المخ العليا ، أى على الحيوان الذى لم يبق له سوى صوده الفقرى ؛ هذا بينما كان بافلوف يقوم بدراساته على حيوانات لم تمس قشرتها المخية . كان شيرنجتون يدرس النشاط الفطرى للجهاز العصبى ، بينما كان بافلوف يدرس النشاط المكتسب لذلك الجهاز .

\* \* \*

وخلال العقود الأخيرة الماضية تدعمت الأفكار الرئيسية التي قدمها هذان العالمان العبقريان عن طريق التجارب التي أجريت بفضل التطور الكبير الذي طرأ على وسائل البحث الفسيولوجية الكهربائية . وعندما كان بافلوف وشيرنجنون يقومان ببحوثهما كان فكرة « المركز العصبي » ، سواء في العمود الفقري أو في القشرة المخية ، لا تزيد على عبارة مفيدة خلقتها للربط بين الإثارة والاستجابة . أما اليوم فإن عبارة « المركز العصبي » صارت شيئا ملموسا ومحسوسا لدرجة تزايد وضوحها باستمرار ولعلنا لسنا بعبيدين عن الوقت الذي سيتحقق فيه حلم بافلوف الجميل عن « رؤية » ما يحدث في المخ خلال جمجمة الإنسان السميكة .



القسم السادس  
ثلاثة من الرياضيين



## ١ - تشارلز باييج

### بقلم فيليب وإيميلي موريسون

فيليب موريسون أستاذ مساعد لعلم الفيزياء في جامعة كورنيل . تخرج في معهد كارنيجي للتكنولوجيا عام ١٩٣٦ ثم درس الفيزياء النظرية على يد روبرت أوبنهايم في جامعة كاليفورنيا ، حيث حصل على شهادة الدكتوراه عام ١٩٤٠ . وعندما أعلنت الحرب العالمية الثانية ترك موريسون منصبه كمدرس في جامعة إلينوى لكي يلتحق بعمل أبحاث المعادن بجامعة شيكاغو ، ثم أصبح فيما بعد رئيسا لمجموعة من البحوث في معمل لوس ألأموس بمقاطعة مانهاتن . وكان أحد أعضاء فريق الفيزيائيين الذين أشرفوا على المرحلة الأخيرة من العملية التاريخية التي حدثت بجزر ماريانوس ، كما كان أحد الأوائل الذين نزلوا لدراسة آثارها وعواقبها في اليابان . وسرح من الخدمة عام ١٩٤٦ حيث التحق بعمله الحالي في كورنيل . وهناك اختلفت أوجه نشاطه فكان منها دراسة نشأة الأشعة الكونية ، ونظرية التركيب النووي ، وإجراء تجارب لا أمل كبير يرجى منها على طبيعة انتقال الاستعلامات في الخلايا . أما إيميلي موريسون فقد تخرجت كذلك في معهد كارنيجي للتكنولوجيا ، وهي مساعدة لزوجها في تبسيط العلوم ، وهما يشتركان في الاهتمام بهذا الموضوع .

## ٢ - لويس كارول

### بقلم وارين ويفر

وارين ويفر هو نائب رئيس قسم العلوم الطبيعية والطبية بمؤسسة روكفلر ومدير قسم العلوم الطبيعية والزراعية بها . ويعتبر هذا العمل طريقه الثانى الذى شقه فى الحياة ، فقد كان أولاً عالماً فى الرياضيات بجامعة ويسكونسن ، حيث عمل أستاذاً ورئيساً لقسم الرياضيات بها حتى عام ١٩٣٢ . وعندما التحق بمؤسسة روكفلر ، أعلن ويفر أن هدفه فى توجيه موارد المؤسسة سيكون نحو زيادة الاهتمام بعلوم الحياة وعلم النفس ، ثم تلك التطورات الخاصة فى الرياضيات والفيزياء والكيمياء التى لها فى حد ذاتها أهمية بالنسبة لعلوم الحياة . ويعود كثير من الفضل فى تقدم وانتعاش العلم الأمريكى فى هذه الفروع اليوم إلى هذه السياسة التى رسمها ويفر . ولما كان ويفر رجلاً مليئاً بالحياة لا يعرف الكلل فقد جعل الشئون العامة للعلم محل اهتمامه الخاص ، وأمكنه أن يثير اهتمام عدد من الهيئات والمعاهد التى لم يكن من السهل لإثارته مثل الاتحاد الأمريكى لتقدم العلوم والأكاديمية القومية للعلوم ، وجعلها تشترك بنشاط فى تنمية وعى الرأى



العام بالعلم والدفاع عن حرية العلم . ولديه في منزله  
بنيميليفورد أكبر مجموعة خاصة من مؤلفات لويس كارول ،  
وتحتوى هذه المجموعة على مخطوطات رياضية وكذلك  
على طبعات بلغات كثيرة من « مغامرات أليس في بلاد  
العجائب » إلى « من خلال العين السحرية » .

### ٣ - سريذيفاسا رامانوجان

#### بقلم ميميس نيومان

بقدر ما يعرف جيمس نيومان ككاتب في الرياضيات  
لمؤلفاته مثل « الرياضيات والخيال » و « عالم الرياضيات » ،  
فإنه يعرف أيضاً ككولف « صناعة الطاقة الذرية » و « تجربة  
في التهجين » ، واشترك في كتاب : « التحكم في الطاقة الذرية » .  
وهذان المؤلفان يعكسان خبرته كمستشار اللجنة البرلمانية  
بمجلس الشيوخ عن الطاقة الذرية في عامي ١٩٤٥ ، ١٩٤٦ ،  
وكونه أحد المشتركين في وضع التشريع الأصلي الخاص  
بالطاقة الذرية في الولايات المتحدة .



# تشارلز بابيج

بمقام ، فيليب واميلي موريسون

في أثناء مهرجان بريطانيا الذي أقيم عام ١٩٥١ ، كان يحتل مكان الصدارة في أحد أقسام معرض العلوم في متحف العلوم بسوث كنسنجتون ، آلة حاسبة براقة ذات شكل انسيابي تسمى نيمرود . ولو ابتعد الزائر عن المعروضات الرئيسية ، لوجد في بهو بعيد أحد أسلاف هذه الآلة وقد تراكم عليها الغبار ، وهي عبارة عن مجموعة معقدة من الحلقات والعجلات والقضبان وقد كتب عليها « آلة بابيج للفروق » . وقد صمم هذه الآلة ، عام ١٨٣٣ ، رجل قضى حياته وأضاع ثروته في محاولة بناء آلات رياضية لم يكن عصره مهيئاً لتقبلها ولكن أمكن الآن تحقيقها .

واسم تشارلز بابيج غير معروف إلا لدى بعض الرياضيين اليوم . . ولم يدرك قيمة عمله من معاصريه إلا القليلون ، أما جيرانه في لندن فلم يعرفوا عنه إلا أنه عدو لدود لعازفي الأرغن في الشوارع ؛ وعندما مات نعتته جريدة التايمز اللندنية قائلة إنه الرجل الذي عاش

ثمانين عاما ، رغم مضايقات عازفي الأارغن ، . ولكن علماء الرياضة يعتبرونه اليوم رجلا متقدما عن عصره سابقاً لأوانه . وعندما كتبت مجلة « نيتشر » البريطانية عن الآلات الحاسبة الأمريكية الحديثة كان عنوان المقال « أحلام بابيج تتحقق » .

كان بابيج متنوع الميول ، ألف كتابا عن « اقتصاديات المصنوعات والمكينات » ، وضع فيه الأساس لما يعرف اليوم بالبحوث المتعلقة بالعمليات . وقاد حملة كبيرة دعا فيها الحكومة لمساعدة وتمويل البحوث العلمية في وقت كان البحث العلمي يعتبر فيه هواية للمتفرجين من الرجال ؛ ونشر جداولاً للوغاريتمات من ١ إلى ١٠٨,٠٠٠ وهو يستعمل على نطاق واسع ، كما وضع جداول لمعدلات الوفيات وقام بمحاولات تعتبر الأولى من نوعها للدعاية للتأمين على الحياة وشرحه للشعب ، وصمم قطعاً للغيار ، واقترح عدداً من الاختراعات ، منها وسائل لمنع حوادث السكك الحديدية ونظماً لإشارات المنارات ، ونشر بحثاً في الفيزياء وعلم طبقات الأرض والفلك وعلم الآثار ، ولكن هوايته الكبرى التي شغلت حياته كانت الماكينات الرياضية أو الآلات الحاسبة .

\* \* \*

ولد بابيج في ديفونشاير عام ١٧٩٢ ، وكان أبوه مصرفياً ، ورث عنه فيما بعد ثروة طائلة ، ونظراً لضعف صحته فقد تلقى علومه



BEZNROR  
1994.504

على أيدي مدرسين خصوصيين إلى أن التحق بكلية ترينتي بجامعة كامبريدج عام ١٨١٠ . وكان في ذلك الوقت قد هام بالرياضيات ووجد أنه يعرف عنها أكثر من معلمه . وكان أقرب أصدقائه في أثناء دراسته بالجامعة هما جون هيرشيل ، ابن عالم الفلك الشهير ويليام هيرشيل ، وجرج بيكوك . وقد تعاهد الطلبة الثلاثة فيما بينهم على أن « يتركوا العالم أكثر حكمة مما وجدوه » . فكان أول ما قاموا به لتنفيذ هذا العهد أن أسسوا الجمعية التحليلية لتشجيع الرياضيين الإنجليز على إحلال نظام لينيتز المستعمل في القارة الأوروبية محل مصطلحات نيوتن الرياضية . كان نيوتن يضع نقطة فوق الرمز للتعبير عن معدل التغير ؛ بينما كان لينيتز يضع « قبل ذلك الرمز » . ولقد قال باييج إنه أسس هذه الجمعية للدعوة « لمبادئ الدائمة ضد عهد النقطة في الجامعة » . وبالرغم من المعارضة الكبيرة التي لقيتها الجمعية إلا أنها تركت أثراً كبيراً في تطور الرياضيات في المستقبل في إنجلترا .

ولما أيتن باييج أنه سيزم في مسابقة « التزهوس » من زميله هيرشيل وبيكوك إذا بقى بكلية ترينتي ، التحق بكلية پيترهاوس إذا أنه رأى من الأفضل له أن يكون الأول في پيترهاوس على أن يكون الثالث في ترينتي . وبالفعل كان ترتيبه الأول عند التخرج في پيترهاوس . واستمر في الدراسة إلى أن حصل على

الماجستير عام ١٨١٧ . واستمرت الصداقة بين بابيج وهيرشيل وييكوك حتى بعد تخرجهم في الجامعة . ومع أنهم اختلفوا في السبل التي طرعوها في حياتهم إلا أن ثلاثتهم استمروا حافظين العهد الذي قطعوه على أنفسهم . التحق ييكوك بسلك الكنيسة وسرعان ما أصبح أسقف إيلي . وقرر هيرشيل ، بعد فترة تمرين قصيرة في المحاماة ، أن يلحق بوالده في علم الفلك ، وامتاز في هذا العلم ، وحصل على لقب فارس ، وعين مديرا لدار سك النقود ، وتجنب كل الخلافات العلمية حتى إن مؤرخيه قالوا عنه إن حياته كانت مليئة بالصفاء والبراءة .

أما بابيج ، على العكس من ذلك ، فقد أمضى حياة مليئة بالفشل المزير بين آلاته الحاسبة . وقد أشار في إحدى المرات في أواخر أيام حياته لبعض أصدقائه أنه لم يمض يوما واحدا سعيدا طيلة حياته ، وتحدث كما لو كان يكره الجنس البشري عموما ، والإنجليز خصوصا ، والحكومة الإنجليزية وعاز في الأراغن أكثر من أي شيء آخر . . والواقع أن حياته لم تكن على هذه الدرجة من السوء ، فقد كان معظم حياته رجلا اجتماعيا ألوفيا يميل إلى المرح . ويحكى أنه كان في زيارة لفرنسا مع صديقه هيرشيل ، وطلب بابيج ييشتين لكل منهما الإفطار قائلا للساق Pour chacun deux

Il faut faire bouillir : قانلا : فصاح الساقى للطباخ :  
cinquante - deux œufs pour Messieurs les Anglais . (١)

ولكنهما تمكنما من إيقاف الطباخ فى الوقت المناسب ، ولكن  
القصة سبقتهما إلى باريس وصاحبها كثير من التعديل والتحرير .  
وعندما سألهما مضيف فى أثناء العشاء ، عما إذا كانت القصة التى  
سمعا عن شابين إنجليزين أكلا ٥٢ بيضة فى الأفاطار محتملة ، أجابه  
بايبيج قانلا : « لا توجد حماقة لا يمكن أن يرتكبها شاب إنجليزى  
بين الحين والآخر » . وكتب أحد أساتذة جامعة أدنبرة بأنه كان  
مدعوا للعشاء لدى بايبيج وأنه « لم يستطع أن يهرب منه فى الثانية  
صباحا إلا بتمتى الصعوبة بعد سهرة غاية فى الإمتاع » . وكان  
بصطحاب فى رحلاته إلى القارة الأوروبية أناسا من مختلف الشارب  
منهم الأرسقراطى أو عالم الرياضيات أو الميكانيكى الماهر .

• • •

وبالرغم من ذلك ، فإن شغف بايبيج واهتمامه بالآلات قد  
غيرا من طباعه وحولاه من شاب مرح إلى عجوز صارم . وقد  
تملكه شغفه هذا أول ما تملكه ، وحسب أصدق الروايات ، بعد  
محادثة عابرة مع صديقه هيرشيل . فقد أحضر هيرشيل إلى بايبيج

---

(١) يجب سلق اثنتين وخمسين بيضة لكل من السيدين الإنجليزين .



بعض الحسابات الخاصة بالجمعية الفلكية ، وفي أثناء مراجعة هذه الحسابات والأرقام وجدا عددا من الأخطاء . وفي إحدى المرات قال باييج « لمنى أرجو الله أن تتم هذه الحسابات بواسطة البخار ، فعلق هيرشيل قائلا « إن هذا ممكن » ، وعندما فكر باييج فى الأمر ازداد اقتناعه بأنه من الممكن أن تقوم الآلات بحساب وطباعة الجداول الرياضية . ووضع تصميمها أولياً لفكرته الأولى وصنع نموذجا صغيرا يتكون من ٩٦ عجلة و ٢٤ محورا ، اختصرها فيما بعد إلى ١٨ عجلة و ٣ محاور . وفي عام ١٨٢٢ كتب رسالة ضمنها فكرته وأرسلها إلى سير همفرى دافى ، رئيس الجمعية الملكية ، شرح فيها فوائد ومزايا « آلة الفروق » واقترح أن يصنع واحدة لى تستخدمها الحكومة . ورحبت الجمعية الملكية باقتراحه ، وأعطى وزير المالية وعدا شفويا بوضع مبلغ من المال تحت تصرف الجمعية لهذا الغرض .

ولقد توقع باييج أن يستغرق هذا المشروع ثلاث سنوات ، إلا أن الأفكار الجديدة كانت تطرق ذهنه دون توقف ، فبلى بما أتم من آله جانباً ، وبعد ماضى أربع سنوات لم يكن قد اقترب من هدفه . وقد أقامت الحكومة له بجوار منزله مبنى وورشة لاثوثر فيها النار . وبعد زيارة دوق ولينجتون للتفتيش على هذه الورشة أعطته الحكومة منحة أخرى سخية لتمكّنه من الاستمرار فى عمله .

ولكن باييج ، بعد فترة ، اختلف مع مهندس القدير جوزيف كايمنت حول المرتبات ، وكانت النتيجة أن حل كايمنت الورشة وصرف رجاله ورحل ومعه جميع قطع الآلات والرسومات التي كان من حقه القانوني الاستيلاء عليها .

وفي هذه المرحلة الحرجة خطرت لباييج فكرة جديدة ، فكرة آلة تحليلية ، أسهل في البناء ، وأسرع في العمل ، وتفوق آلة الفروق في القدرات والإمكانات . وتقدم بهذا المشروع بكل حماس إلى الحكومة ، وسأل هل يستمر في آلة الفروق أم يعمل على تنفيذ فكرته الجديدة . واستمر ثمانية أعوام يطالب برد على سؤاله هذا ، وأخيراً جاء الرد بأن الحكومة تأسف لأنها قررت عدم المضي في المشروع . وكانت الحكومة قد أنفقت فعلاً ١٧,٠٠٠ جنيه على هذا المشروع ؛ وكان باييج قد انفق أيضاً على المشروع ما يوازي هذا المبلغ . وقد أودعت آلة الفروق هذه التي لم تم ، والتي فقد باييج اهتمامه بها ، في متحف كلية الملك بلندن ؛ ثم نقلت رفاتهما فيما بعد إلى متحف سوث كنسنجتون حيث ترقد إلى الآن .

استمر باييج يعمل عدة سنوات في آله التحليلية على نفقته الخاصة ، ثم أهملها وبدأ يصمم آلة تحليلية أخرى ، تحتوي كل

التعديلات والتحسينات والتبسيطات التي عثر عليها أثناء العمل في الآلة الأولى . وعاد يطالب الحكومة أن تمد إليه يد المساعدة ، ولكن وزير المالية لم يوافق . وهنا قال عنه باييج إنه « هير وستراناس العلم الذى سيرتبط اسمه باسم مخرب المعبد الإفيزى ، هذا إن لم يطوه النسيان بين ثناياه » .

ولكن باييج لم يفته من بناء أية آلة . لقد كان أوسع أفقا من الوسائل التي كانت تحت تصرفه في ذلك الوقت . كان باييج يطمع في شيء أكبر من مجرد آلة حاسبة بسيطة ؛ كان يهدف إلى صنع آلة تحسب الجداول الرياضية الطويلة وتطبعها كذلك . وعلق على ذلك قائلا : « إن الآلات التي تقوم بالحسابات العادية .. لن تكون في مثل فائدة الآلة التي تحسب الجداول » .

كانت آلة باييج للفروق تطبيقا لنظرية الفروق الثابتة . ولتوضيح هذه النظرية نأخذ مسألة كان من المفروض أن تتمكن الآلة من حلها ، وهى حساب مربعات الأعداد المتوالية أى ٢١ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤ . . . إلخ . ويمكن الحصول على مربعات الأعداد الصحيحة ، بقدر ما لنا من الصبر على متابعة هذه العملية ، بواسطة عملية إضافة بسيطة ، إذا أخذنا الرقم ٢ على أنه الفرق الثابت . فإذا أخذنا ثلاثة أعمدة ووضعنا في العمود الأول دائما الفرق ٢

(الذى يمثل الأس الثانى) ، ويبدأ العمود الثانى بالرقم ١ ثم نضيف إليه الفرق ٢ فى كل خطوة تالية . وفى العمود الثالث نحصل على حاصل الجمع الذى يبدأ بالرقم ١ ثم يعطينا الجواب الذى نريده .  
 فمثلا ١ زائد ٢ زائد مربع ١ يعطينا ٤ وهى مربع ٢ : ٣ زائد ٢ زائد ٤ تساوى ٩ وهى مربع ٣ : ٥ زائد ٢ زائد ٩ تساوى ١٦ وهى مربع ٤ ... الخ .

وهذا هو الجدول :

111	11	1
	1	
1		← ٢
	3	
4		← ٢
	5	
9		← ٢
16	7	← ٢

إن هذه العمليات البسيطة يمكن أن تودىها الآلة بنفس الطريقة التى يحدد بها عداد المسافات فى السيارة ما قطعته السيارة من الكيلومترات ، وذلك بحدوث عملية الجمع عند دوران عجلات عليها أرقام . وكان أول نموذج مبدئى صنعه بايبيج لآلة الفروق عبارة عن عجلات ذات أسنان على أعمدة تدور بواسطة كرانك ،

وكان فى إمكان هذه الآلة أن تعطى جدولا لمربعات الأعداد  
لخامس رقم . ولكن الآلة الأخرى التى اقترح بناؤها كانت على  
مقياس أكبر بكثير . لقد كان فى نية باييج أن تعطى آله الأعداد  
إلى الرقم العشرين وأن تكون فروقها من الدرجة السادسة ، بدلا  
من الدرجة الثانية . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن كل عدد يظهر فى  
عمود الإجابات كان سينقل خلال مجموعة من الأذرع والكمامات إلى  
مجموعة من الخرامات مصنوعة من الصلب ، وهذه بدورها تطبع  
العدد على لوح نحاسى معد للحفر .

وكان هذا من الناحية الميكانيكية عملا هائلا . ولنا أن تصور  
العدد المختلف من المسامير والصواميل والمفاتيح والكمامات  
والروابط والأعمدة والعجلات التى يحتاجها هذا العمل ، ثم نتذكر  
أن أجزاء الآلات العيارية التى تعمل بشكل أوتوماتيكى لم تكن  
معروفة فى ذلك الوقت ! لقد تناول باييج هذه المسألة وعالجها بغاية  
المهارة ، إذ وضع هو ومساعدوه تصميم كل جزء بعناية تامة ، وكانوا  
يصنعون قطعا أخرى احتياطية للإقلال من استهلاك الآلة . وأصبح  
باييج نفسه صانعا ماهرا ، يطور العدد التى أصبحت فى عهده من  
أحسن العدد ، كما كان يطور الأساليب التى أصبح بعضها نواة  
للأساليب الحديثة فى تصميم العدد والآلات . ولكن لعل هذا  
الاهتمام وهذه العناية فى التصميم كانتا نقطة الضعف الكبرى فى عمل

باييج . فلو أن الآلة قد تم صنعها ، لكان بها حوالى الطنين من الأجزاء المصنوعة من البرنز والصلب والزنك والتي صنعت طبقاً لمواصفات محددة لم يسبق أن صنع مثلها من قبل .

\* \* \*

إن مارآه باييج بعين خياله عندما انتقل بفكره من آلة الفروق إلى الآلة التحليلية كان شيئاً رائعاً حقاً . وكان فيما قبل قد تصور آلة وصفها وصفاً معبراً حين قال إنها « الآلة التي تأكل ذيلها » . وكان يقصد بذلك أنه يمكن للنتائج التي تظهر في خانة الإجابات أن تؤثر فيما سبقها من أعمدة بحيث تغير التعليمات المعطاة للآلة في الأصل . وكان من المفروض أن الآلة التحليلية يمكنها أيضاً أن تقوم بأية عملية رياضية وأن التعليمات التي تعطى للآلة يمكنها أيضاً أن توجه الآلة في جميع العمليات والخطوات وفي ترتيب هذه الخطوات . وكان في إمكانها أن تجمع وتطرح وتضرب وتقسم ؛ وكان لها ذاكرة تستوعب ألف خمسين رقماً عشرياً ، وتقوم بعمليات أخرى مثل جداول اللوغاريتمات ، بحيث يكون لديها مكتبتها الخاصة . وكان بإمكانها أن تقارن الأعداد ، وتعمل حسب تقديرها ، وبذلك تتدرج إلى عمليات أخرى لم يسبق أن أعطيت في التعليمات الأولى .

وتتضمن الآلة الحاسبة الحديثة كل أو الكثير من هذه الأشياء . ولكن باييج كان محمدا بالإمكانات الميكانيكية التي كانت موجودة في ذلك الوقت ؛ ولم يكن في استطاعته طبعاً أن يدخل في تصميماته أية دوائر كهربية ، بله أية أنابيب إلكترونية . كان يعتزم أن يصنعها كلها بالبطاقات المثقوبة ، وهي ليست طبعاً بطاقات هولريت السريعة الخلط والتي تتحرك على محولات استشعارية كهربية مثل التي نستعملها هذه الأيام ، ولكنها بطاقات مثل التي تستعمل في أنوال الجاكار . وتثقب التعليلات والثوابت العديدة على البطاقات بحيث تبدو أعمدة شفرية من الثقوب . وعندما توضع البطاقات في الآلة تحسبها أسلاك الاستشعار . فإذا كانت الثقوب في المكان الملائم ، دخلت الأسلاك في الثقوب ودر بطلت حركة الأعمدة مع الأجزاء المختلفة للآلة ، وهكذا تؤدي الآلة عملها وكل العمليات المطلوبة منها . ولم تضعف كل هذه التعقيدات من ثقة باييج ، فقد كانت لديه لوحة لجوزيف چاكار منسوجة من الحرير وقد استختم في نسجها ٢٠.٠٠٠ بطاقة مثقوبة !

هذا أبسط وصف للآلة . وإن تشارلز باييج ليمتلي زهوا عندما يعلم أن أفكاره عن الآلة التحليلية قد طبقت اليوم في الآلات الحاسبة الإلكترونية الضخمة .

ولقد ابتدع باييج إلى جانب مفهومه عن الآلة الحاسبة ، كثيراً من الاختراعات الميكانيكية ذات الاستخدامات التطبيقية المفيدة . وكما يهتم العاملون في تصميم الآلات الحاسبة هذه الأيام بالأنابيب المفرغة والدوائر الإلكترونية ، كذلك كان اهتمام باييج بمشاكل الورشة وحجرة الرسم والتصميم ، فقد اخترع هو ومعاونوه بعض العدد التي تستخدم مع المخرطة . وكان ضمن العمال المهرة الذين عملوا معه شخصاً يدعى ج. هويتويرث ، ومن بعد سير جوزيف هويتويرث ، الذي أصبح أكبر صانع للعدد الدقيقة في إنجلترا . ولقد وصف الخبراء من معاصري باييج رسوماته للآلات المختلفة ، وهي رسومات تغطي ٤٠٠ قدم مربع من الورق بأنها من أحسن الرسومات الميكانيكية .

ولقد صدرت عدة طبعات من كتاب باييج ، حول اقتصاديات المصنوعات والآلات ، ، وأعيد طبعه في الولايات المتحدة وترجم إلى الألمانية والفرنسية والإيطالية والإسبانية . وتناول فيه بالتفصيل صناعة الدبابيس والعمليات المختلفة ، وما تحتاج إليه من مهارة ، وتكاليف كل عملية ، واقترح عدة تحسينات فيما كان يجرى من عمليات . واقترح عدة وسائل عامة لتحليل المصانع والعمليات ولإيجاد الموقع والحجم الملائم للمصانع . وكان باييج يعتز جداً بإحدى التعليقات التي سمعها من أحد العمال الإنجليز حين



قال ، لقد جعلنى هذا الكتاب أفكر . .

\* \* \*

وعندما تخطى باييج السبعين من عمره سجل تاريخ حياته فى كتاب أسماه « مراحل من حياة فيلسوف » ، وهو كتاب منشأته ولكنه لا يخلو من مرح ، وجاء فى صفحته الأولى ، وبعد اسم مؤلفه ، عدد من الجمعيات العلمية ( وأغلبها أجنبية ) . وتاريخ حياته هذا سجل الحنية آماله بقدر ما هو سجل لما حققه من أعمال ، وكتب ، حسب قوله ، « لى يقلل من عدم استساغة » تاريخ آلاته الحاسبة .

ولكنه لم يكن فى حاجة للاعتذار . إن فكرة الآلة الحاسبة كانت دليل النبوغ . وإن تاريخه كله لدليل حى على الرباط المتين بين الاختراعات العلمية البحتة من جهة وبين التقدم التكنولوجى السائد ، والمفهوم العام ، والتعصيد الواجب من جهة أخرى . إن آلاته لم تتحرك لتعطى الأجوبة المطلوبة لأن النبوغ يمكن أن يتفوق ولكنه لا يمكن أن يتخطى أو يتجاهل حدود إمكانياته . ولا يكن نبوغ باييج فى الكتب التى علاها التراب أو فى التفوق فى أحد فروع العلم أو فى تلك العجلات القديمة القابعة فى أحد متاحف العلوم . إن نبوغ باييج ينعكس فيما نشاهده اليوم من آلات خاسبة هائلة .



## لويس كارول

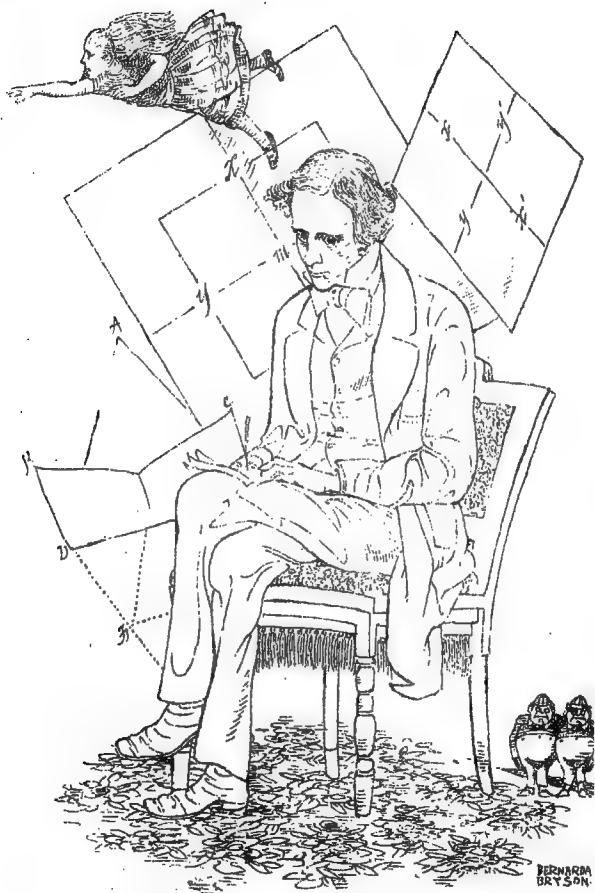
بقلم : وارين ويفر

**لويس** كارول - ألم يكن كذلك عالما رياضيا من الدرجة الأولى؟. هذا هو التعليق التقليدي عند ما يذكر اسم مؤلف «أليس في بلاد العجائب». ذلك أن أغلب الناس كانوا يعرفون أن اسم كارول الحقيقي هو تشارلز لوتويدج دودجسون وأن هوايته طوال حياته هي العلوم الرياضية. وكانت تتداول بين المعجبين بأدبه قصة زائفة تقول بأن الملكة فيكتوريا عندما قرأت «أليس» أعجبت بها وطلبت كتابا آخر لنفس المؤلف فأرسل لها كتاب دودجسون الجاف عن المحددات الجبرية.

ويعتبر لويس كارول من نوابغ الأدب ، الأمر الذي يثير في المرء الفضول إلى معرفة مدى قدراته الرياضية . هناك اتجاه عام إلى اعتبار الرياضة موضوعا غريبا صعبا جافا عميقا بحيث إنه ما من رياضي إلا وهو «رياضي عظيم» ، لأنه لا يوجد عمالقة صغار . وهذا القول ، مع ما فيه من تقدير للرياضيين ، ليس

بالضرورة صحيحا مع الأسف . أما كارول فقد كتب في كثير من الموضوعات الرياضية ، وفي ميسور المرء أن يرجع إلى هذه الكتابات لكي يعرف أى نوع من الرياضيين كان كارول .

إن قصة حياته العلمية يمكن سردها بسرعة . ولد تشارلز لوتويدج دودجسون عام ١٨٣٢ بالقرب من ديرزيرى في تشيشاير . وكان أبوه ، كما كان جده ، وجد جده ، من رجال الكنيسة . والتحق بجامعة أكسفورد عام ١٨٥٠ بعد أن قضى ست سنوات لا تظلمها السعادة في المدارس الإنجليزية العامة . وفي نهاية عام ١٨٥٢ حصل على درجة في الرياضة مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على منحة دراسية على شرط ألا يتزوج وأن يهب نفسه للكنيسة . ولقد حصل على درجة الليسانس مع مرتبة الشرف الأولى في مدرسة الرياضة النهائية عام ١٨٥٤ ، وعلى درجة الماجستير عام ١٨٥٧ . وفي عام ١٨٥٥ وفي سن ٢٣ ، منح منحة دراسية كانت تدر عليه مبلغ ٢٠ جنيه سنويا وعين طالبا متقدما في كلية كريست تشرش ومحاضرا في الرياضة بالجامعة . عاش كارول أعزب في مساكن الجامعة يتوم كواد في عام ١٨٦٨ إلى أن مات وهو في السادسة والستين من عمره عام ١٨٩٨ . ولم يذب النشاط في حياته الأكاديمية إلا عندما عين مساعدا لأمين المكتبة عام ١٨٥٥ ، ثم عندما أصبح



شمالاً عام ١٨٦١ ، وفي النهاية عندما عين مشرفاً على النادي وكان في الخمسين من عمره إذ ذاك .

\* \* \*

هذه الحياة الهادئة المنعزلة . هي التي ساعدته على الكتابة باعتباره تشارلز لوتويديج دودجسون وباعتباره لويس كارول . وبالرغم من أن كارول أنتج كثيراً من الكتب ، إلا أن الناس لا يذكرون له سوى القليل . ويبلغ عدد ما طبع من مؤلفاته في أثناء حياته ٢٥٦ مؤلفاً ، وأما مجرّع ما ألفه فيصل إلى حوالي ٩٠٠ مؤلف . ومن هذه المؤلفات ١٦ كتاباً — منها حوالي ستة للأطفال وحوالي عشرة في الرياضيات وعلم المنطق . ولا بد أن نقول « حوالي » ، لأنه من الصعب أن نحدد ما إذا كان قد كتب المجموعة الأولى للأطفال أم للكبار ، وهل قصد بالثانية إلى الرياضة أم إلى التسلية . وبالإضافة إلى ذلك كتب كارول حوالي ٢٠٠ كتيب ، حوالي خمسين منها تتناول خلافاً أكاديمية في كريست تشرش ، وحوالي ثلاثين لألعاب الكلمات والكتابة السرية وما شابه ذلك ، وأكثر من خمسين لموضوعات غاية في الاختلاف والتنوع مثل : كيف تتذكر المواعيد ، وتهذيب كتابات شكسبير للبنات الصغيرات ، والحكم في مباريات التنس ، والأخطاء الجارية في الهجاية ، وقواعد تقدير أجرة البريد . . . وغيرها .

ومن ضمن ال ٢٥٦ مؤلفا التي طبعت في أثناء حياته ، كانت ٥٨ منها للرياضيات وعلم المنطق . فإذا بحثنا في هذه المؤلفات لتقدير مكانة كارول الرياضية — أو لعله يجدر بنا أن نقول هنا مكانة دودجسون — اكتشفنا أنه كان مدرسا في المقام الأول ، يهتم اهتماما كبيرا بطرق تدريس المواد الأولية ، فقد كتب حوالى العشرين كتابا للطلبة في الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات والهندسة التحليلية .

ولعل أهم كتب دودجسون وأكبرها في الهندسة ، واسمه « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » ، يعطينا فكرة عن طريقته في تناول الرياضيات . إنه يبين لنا أن دودجسون محافظ عتيد وهب نفسه للدفاع عن أوقليد ضد أى اتجاه حديث لتعديله أو تحسينه أو تغييره بأى شكل من الأشكال . فقد حاول دودجسون في هذا الكتاب إثبات أن بدسيات أوقليد وتعييراته وبراهينه وأسلوبه لا يمكن تغييرها لما هو أفضل منها . بل لقد أصر على أن ترتيب وترقيم نظريات أوقليد لا بد أن تبقى محفوظة كما هى . وسخر دودجسون بمهارة من علماء الهندسة المعاصرين الذين حاولوا تعديل بدسية أوقليد للتوازيات ، واتهم كل محاولاتهم بأنها « شنيعة » ( ولعله من المفيد ، مع ذلك أن نلاحظ أن دودجسون في كتاب له صدر فيما بعد واسمه « نظرية جديدة في المتوازيات » ،

قد حاول هو نفسه إبدال البديهية التقليدية ببديهية أخرى من وضعه) .  
ولا بد من تقدير كتاب « أوقليد ومناقضه من المعاصرين »  
على أنه مسل وطريف ، إلا أنه يتسم بصلاية الرأى الزائدة ،  
وهو من الناحية العلمية عديم الجدوى . إنه لا يعكس إدراك  
المعاصرين من الرياضيين بشكل متزايد أن بديهية التوازي لم تكن  
حقيقة واضحة ، ولكنها فرض لا يمكن إثباته وضع بشكل جبرى .  
ولم تكن فلسفة دودجسون تتقبل الهندسة اللاأوقليدية بما يترتب  
عليها من ثورة فى الرياضيات والعلوم .

• • •

ولعل الصورة الكثيفة لنيافة القس دودجسون والتي خلقتها  
أعماله التربوية تتحول إلى صورة باسمه إذا تحولنا إلى كتاباته  
الرياضية الأخرى ، إذ هو يقترب فى هذه الحالات من الرجل الذى  
نعرفه باسم لويس كارول . ولناخذ مثلاً على ذلك كتابه الصغير  
العجيب المسمى « مشاكل الوسادة » ، فى هذا الكتاب يقدم  
دودجستون ٧٢ مسألة أغلبها فى الجبر والهندسة وحساب المثلثات  
وضعها وحلها جميعاً فى سريره أثناء الليل دون ورقة أو قلم .  
كان دودجسون يعانى من الأرق ، وبقدر ما كان حريصاً على  
الإشارة إلى أن الرياضة لا تؤدى إلى النوم ، فقد كان يقول إنها



نشغل الذهن بأشياء مبهجة وتمنع القلق والاضطراب والهموم .  
ومما يدل على شدة تدينه أنه نادى بالتفكير الرياضى ، فى أثناء  
الاستيقاظ ، كعلاج « للأفكار المتشائمة التى تبو فى بعض الأحيان  
أنها تنزع أقرى الإيمان . . . والأفكار الكافرة التى تشق طريقها  
إلى أشد الأرواح إيماناً . . . والأفكار الملحدة التى تعذب بوجودها  
المقمت الخيال العذب الطاهر » .

وبالرغم من أن المسائل الواردة فى هذا الكتاب ، مسائل أولية ،  
إلا أنها من التعقيد بحيث تحتاج إلى مهارة حقة فى التركيز والتصور  
وخاصة إذا كان على المرء أن يحلها بفكره . وإليك هذا المثال :

« فى أول يولية ، وعندما كانت ساعتى تشير إلى الساعة الثامنة  
صباحاً كان منبهى يشير إلى الساعة الثامنة وأربع دقائق . وضبطت  
الساعة على توقيت جرينيتش ، وعندما كانت ساعتى تشير  
إلى الظهيرة ، كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ وخمس دقائق .  
وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة إلى السادسة كان المنبه  
يشير إلى الساعة ٥ والدقيقة ٥٩ . وفى يوم ٣٠ يولية ، عندما كانت  
ساعتى تشير إلى التاسعة صباحاً كان المنبه يشير إلى الساعة ٨  
والدقيقة ٥٧ . وعند جرينيتش عندما أشارت الساعة إلى الساعة  
١٢ والدقيقة ١٠ كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ والدقيقة ٥ .

وفي مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة إلى ٧ ، كان المنبه يشير إلى الساعة ٦ والدقيقة ٥٨ . وكنت أملاً الساعة في كل مرة أقوم فيها برحلي ، ولكنها تظل تسير بانتظام لمدة يوم واحد . أما المنبه فإنه يعمل دائماً بانتظام ، فكيف يمكنني أن أعرف متى تحين الظهيرة حقاً يوم ٣١ بوليه ؟

وحلول دودجسون للمسائل الواردة في هذه المجموعة حلول ماهرة ودقيقة . إلا أن أحدها يكشف بشكل مضحك حدود تفكيره الرياضي . والمسألة هي : لدينا حقيقة تحتوي على كرتين ، لا نعرف عنهما إلا أن كل منهما إما أن تكون سوداء (س) وإما بيضاء (ب) وعليك أن تتعرف على ألوانها دون إخراجها من الحقيبة . لقد ارتكبت في حله لهذه المسألة (وهي مسألة لا يمكن حلها بالشكل الذي جاء ذكره) خطأين فاحشين . فهو أولاً افترض ، خطأ ، أن احتمالات وجود س س ، س ب ، ب ب (وهي الإمكانيات الثلاثة داخل الحقيبة) هي  $\frac{1}{3}$  ،  $\frac{1}{3}$  ،  $\frac{1}{3}$  على التوالي . ثم هو يضيف كرة سوداء إلى الحقيبة ، ويحسب احتمال سحب كرة سوداء بعد ذلك على أنه  $\frac{2}{3}$  ، ثم يرتكب خطأه الشنيع الثاني بأن يقرر أن الحقيقة في هذه الحالة لا بد وأن يكون بها س س ب . وهذا الأسلوب في التفكير يؤدي به إلى القول بأن في الحقيقة أصلاً كرة سوداء

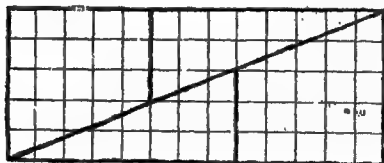
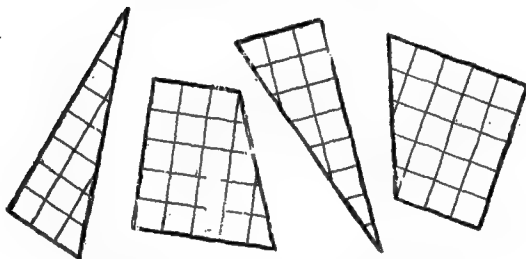
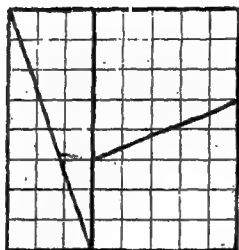
وأخرى بيضاء ! وهذه مسألة قد تكون طريفة في بلاد العجائب  
ولكنها رياضة يغلب عليها طابع الهواة . وقد أشار البعض إلى أنه  
لو استخدم أسلوب دودجسون هذا في حالة حقبة تحتوى ثلاث  
كرات غير معروفة اللون (سوداء أو بيضاء) لانتبهنا إلى أنه  
من المستحيل أن تكون في الحقيقة ثلاث كرات .

\* \* \*

ووضع دودجسون كتابا آخر في الألفاظ الرياضية سماه  
« قصة معقدة » وأطلق على المسائل لفظ « العقد » . ولإليك ، مثلا ،  
العقدة الأولى : اثنان من الرحلة قضياهن الساعة الثالثة إلى الساعة  
التاسعة في المشى على طريق مستوى ثم تسلق جبل ثم الهبوط  
من الجبل ومرة أخرى على الطريق المستوى إلى منزلها . وكانت  
سرعتها على الطريق المستوى ٤ ميل في الساعة . احسب المسافة  
التي مشياها ، خلال نصف ساعة ، عندما كانا على القمة .

وفي مجموعة مخطوطات دودجسون التي أمثلتها نجد اللغز  
المحيين إلى نفسه والذين لم ينشرهما . وأحدهما هو « أين يبدأ النهار؟ »  
وفيه يقول إن التناقض الظاهري قد يؤدي بالشخص الذي يسير  
حول الأرض في اتجاه الغرب بنفس سرعة الشمس ، إذا بدأ من مكان  
ما في يوم الثلاثاء فإنه سيعود إلى نفس المكان يوم الأربعاء . فأين

إن التناقض الظاهري لهذه المثلثات يؤدي إلى النتيجة المستحيلة وهي أن ٦٤ تساوى ٦٥ . فالمربع الموجود أعلا الرسم يتكون من  $8 \times 8$  وحدات مربعة ، وقد قسم إلى أربعة أجزاء مبينة في الوسط . فإذا ركبت هذه الأجزاء لكي تكون المستطيل المبين في أسفل الرسم ، فإننا نجد به ظاهريا  $5 \times 13$  وحدة مربعة . إلا أننا إذا دققنا النظر في المستطيل تبين لنا أن ميل القاعدة المواجهة للزاوية القائمة في كل مثلث لا تساوى ميل الجانب المائل من الشكل الرباعي الأضلاع المجاور لجانبه الأقصر . والواقع أن « المربع » الزائد ينتج من انبساط الفضاء الواقع بين أجزاء المستطيل العلوية والسفلية . ولقد وضع كارول تعميما لهذا التناقض الظاهري في معادلة جبرية تعطى أبعاد جميع المربعات الممكنة التي يمكن تقطيعها بهذا الشكل المتناقض ظاهريا ؛ مثل المربعات التي أبعاد جوانبها ٢١ وحدة و ٥٥ وحدة .



ومتى حدث هذا التغير في التاريخ ؟ ولقد أجهد دودجسون  
الكثيرين من الموظفين الحكوميين وشركات التلغراف بمراسلاته  
وسؤاله هذا ، الذى طرحه لأول مرة عام ١٨٦٠ . ولم يستطع أحد  
الإجابة عن هذا السؤال بالطبع ، إلى أن اتفق على خط التاريخ  
العالمى عام ١٨٨٤ .

أما لغزه الثانى المفضل والذى أسماه « القرد والوزن » ، فقد حير  
أيضا معاصريه . وهذا اللغز هو : حبل تام الليفونة لا وزن له علق  
على بكرة لا وزن لها ولا احتكاك ، وفى أحد طرفى الحبل قرد  
وفى الطرف الآخر وزن يعادل تماما وزن القرد . وبدأ القرد  
فى تسلق الحبل ، ماذا يحدث للوزن فى الطرف الآخر ؟ .

فإذا كننا سنأخذ بحرفية الكلام فإننا لا نستطيع أن نقول  
ماذا يحدث للوزن إلا إذا عرفنا بالضبط ماذا يفعل القرد ، وما إذا  
كان يجذب الحبل برفق ، أو يهزه بعنف ، أو ما إلى ذلك . ولكن  
يمكن بشكل عام ، إعطاء حل كامل وبسيط لهذا اللغز ، لأنه حسب  
الشروط الواردة فى اللغز يؤثر الحبل على الوزن بنفس القوة  
التي يؤثر بها على القرد فى أية لحظة . فكيفها يتحرك القرد يتحرك  
الوزن بنفس الشكل .

ويتضح من جميع كتابات دودجسون الرياضية أنه لم يكن

رياضياً مهما . فكما رأينا ، بالنسبة للهندسة ، كانت آراؤه غنيقة حتى بالنسبة لعصره . وفي مسألة الاحتمالات التي سبق ذكرها فشل في إدراك مبدأ العلة غير الكافية ، وبالنسبة للجبر كتب مرة في مذكراته : « يبدو أن  $٢ (س + ص)$  هي دائماً بمجموع مربعين ولكن هذه حقيقة لا يمكن إثباتها ، . وقد أخذ بعض الوقت لكي يتذكر الحقيقة التي يعرفها أى تلميذ يدرس مبادئ الجبر وهي أن  $٢ (س + ص) = (س + ص)^٢ + (س - ص)^٢$  . وبالنسبة للتفاضل كان مفهومه عن الكميات المتناهية في الصغر غاية في الارتباك وكانت بالنسبة له كميات غريبة غير واضحة فهي ليست لانتهائية وليست محددة وليست صفراً ! وتحوى كراساته أخطاء منطقية بشعة مثل «وحدة الكميات المتناهية في الصغر ، و «وحدة اللانهاية ، و « الحد الأدنى للكسر المحدود ، . ولم يستطع أن يفهم المفهوم الأساسى للعمليات النهائية في التفاضل ، وذلك كما تشير ملحوظته التي كتب فيها « إن الفكرة التي تقول إنه ما دام من الممكن إثبات أن كمية متغيرة تساوى تقريباً كمية ثابتة ، فإنها ستصبح بالفعل مساوية لها ، أمر غير مقبول في نظرى ، إذ يمكننا فقط أن نخزل الفرق ولكننا لا يمكننا أن نلغيه ، .

\* \* \*

ولكن قبل ان نشطب دودجسون من سجل الرياضيين  
لا بد أن نلم بما حققه في مجال المنطق . فقد كان نصف كتاباته  
في الرياضة تقريباً في هذا المجال .

ولعل أهم هذه الكتابات كان « لعبة المنطق » الذي نشر  
عام ١٨٨٦ . والنسخة الموسعة التي نشرت بعد ذلك بعشرة أعوام  
كتاب أطول وأكثر جدية من الأول وكان اسمه « المنطق الرمزي :  
الجزء الأول ، المبادئ » . وفي هذا الكتاب طور كارول استخدام  
الطريقة التي بدأها العالم الرياضى السويسرى ليونارد أويلر  
عام ١٧٦١ . وهذه الطريقة تحوى تقديم مجموعات من الفروض  
المتماثلة بوساطة رسومات فراغية ، مع لغة رمزية لترجمة الرسومات  
إلى وقائع لغوية شفهية . وكانت الأمثلة التي اخترعها لاستخدام  
هذه الطريقة ماهرة وطريفة .

لقد وضع مثلاً المقدمة التالية :

كل التينيات غير حذرة

كل الاسكتلنديين حذرون

وخلص إلى الاستنتاجات التالية :

كل التينيات ليسوا أسكتلنديين

وكل الاسكتلنديين ليسوا تينيات



ومثال آخر على التسلية التي كان يعثر عليها عند استخدام المنطق البسيط نجده في الآتي ( توصل إلى نتيجة منطقية من المقدمة التالية ) :

« كان من العبث أن تقدمها له !

« كان عليك أن تعلم ، لو كنت حصيفا

« إن البحارة كبار السن لا يحبون الثريد ! ،

« ولكني اعتقدت ، لأنه عمك .... ،

« نعم إنه عمي بكل تأكيد ! كلام فارغ ،

« يمكنك أن تقول «كلام فارغ» ، كما تشاء .

« ولكن كل ما أعرفه أن أعمامى أنا من كبار السن

« ولكنهم يحبون الثريد جداً » .

« حسناً ، إن أعمامك أنت ، ( ليهموا بحارة )

\* \* \*

وبقدر ما كانت ألعاب كارول المنطقية مسلية ، إلا أنها لم تكن أصيلة من الناحية الفنية ولم تكن عميقة . ولقد ظل محافظاً في أعماله المنطقية كما كان محافظاً في الهندسة . ولقد أشار عالم المنطق

البريطاني بريثويت إلى أن كارول « لم يقبل المبدأ الذي تسبب في تسهيل الكثير من المنطق التقليدي وهو تفسير القضية العامة على أنها لا تحتوى على حد الموضوع . وهكذا ففي نظر كارول يكون القول بأن « كل الضفادع التي تقفز أكثر من ٢٠ قدما لها نقيق مرتفع ، يستلزم بالضرورة وجود ضفادع تقفز أكثر من ٢٠ قدما .

وعندما قاربت حياة كارول على الانتهاء أضاف إضافة مهمة إلى علم المنطق أثارت حيرة أكثر الرياضيين جدية . لقد كانت مسألة تحوى تناقضاً ظاهرياً لم يستطع أحد حلها حلاً نهائياً . والمسألة هي : في دكان حلاق يوجد ثلاثة حلاقين ١ ، ب ، ح (١) عاجز بحيث إذا ترك الدكان فعلى ب أن يخرج معه (٢) لا يستطيع أن يترك الحلاقون الثلاثة الدكان معاً ، وإلا خلا الدكان تماماً . لنبدأ الآن بهاتين المقدمتين المنطقتين ، ولنأخذ افتراضاً ونرى ما هي النتائج التي تترتب عليه . لنفترض أن ح خرج . يترتب على ذلك أنه إذا خرج أ فإن ب يبقى ( حسب المقدمة الثانية ) . ولكن إذا خرج أ يخرج ب أيضاً ( طبقاً للمقدمة الأولى ) . وهكذا نجد أن افتراضنا خروج ح قد أدى إلى نتيجة نعلم الآن أنها غير صحيحة . وعلى ذلك فالافتراض غير صحيح ، وإذن فإن ح لا يستطيع الخروج . ولكن هذا كلام فارغ ،

لأنه من الواضح أن ح يستطيع الخروج دون كسر أى من الشرطين .  
وفى الحقيقة أن ح يخرج إذا بقى ا فى داخل الدكان . وهكذا نجد  
أن اتباع التعليل المنطقي بدقة مبتدئين بفرضين يدل ظاهرهما  
على أنهما متسقين يؤدى إلى تيجتين متناقضتين .

وقد يود بعض القراء أن يقول عند هذه النقطة ، إن هذا  
الدكان بأصحابه الثلاثة يمثل وضعاً بسيطاً وواضحاً ، وإنه يمكن  
الوصول إلى عدة حلول سليمة وغير متعارضة عنم يخرج  
أو لا يخرج . وكل هذا حسن ولسكنه لا يدرك لب الموضوع ،  
إذ ليس الموضوع « هل يمكنك أن تقول شيئاً غير متناقض ، ؟  
لا ، ولكن المسألة هى « ما هو وجه الخطأ فى جدال كارول ؟ ،

ولقد حاول برتراند رسل أن يدور حول المشكلة بأن ذكر  
أن القول بأنه « إذا خرج ا فلا بد أن يخرج ب ، لا تعارض  
مع القول بأنه « إذا خرج ا فلا بد أن يبقى ب فى الداخل » .  
ويجادل بأن كلا القولين صحيح على شرط أن « يبقى ا فى الداخل » .  
ولكن هذا يشبه الجدل القائل بأنه لا يوجد خلاف بين قول أحد  
السياسيين أنه « إذا فاز الجمهوريون ، فإن الأمور سوف تتحسن » ،  
وقول سياسى آخر إنه « إذا فاز الجمهوريون ، فإن الأمور لن  
تتحسن » . ولن يرضى كلا السياسيين إذا أكد لها أحد المناطق

أن انتصار الاشتراكيين سوف يحقق قول كل منهما .

وربما قال قارى آخر « ما دمنا قد افترضنا أن ح خرج  
فإننا لسنا أحراراً في أن نقول ( إذن ، إذا خرج ا ، فإن ب يبقى  
في الداخل ) » .

لقد وردت في كتاب هوايتهد وراسل « البرتكيبا الرياضية ،  
قاعدة أساسية تسمى « قاعدة الاستخراج » يمكن صياغتها في العبارات  
التالية : « إذا كان ب ، ح معا تستلزمان س فإن ب تستلزم أن ح  
تستلزم س . فإذا طبقنا هذه القاعدة في حالتنا هذه أمكننا تحويل  
العبارة التالية : « إذا خرج ح ، ا من الدكان فإن ب يظل بداخله ،  
إلى العبارة التالية : « إذا خرج ح فإن ا ، ب يظلان بالداخل » .

وعلى هذا يمكن « استخراج » العبارة الثانية من العبارة الأولى  
تحت ظل القواعد التقليدية للمنطق الكلاسيكي . وما إن نصل  
إلى هذه النقطة حتى نجد لدينا الخيار بين أن نقبل رأى راسل (القائل  
بأنه « لا يوجد تعارض بين القول بأنه ( إذا خرج ا فإن ب يجب  
أن يخرج ) والقول بأنه ( إذا خرج ا فإن ب يجب أن يظل بالداخل ) » )  
أو أن نصل إلى النتيجة المحيرة أن ح يجب ألا يخرج . والحاصل ،  
أننا إذا لم نرغب في استخدام طريقه راسل في الهروب من المشكلة  
فإن علينا أن نجد طريقة ملتوية عند استخدام قاعدة الاستخراج .

وحدثنا حل اثنان من رجال المنطق هذه المشكلة المحيرة بطريقة أكثر طرافة وإن كانت أكثر تعقيدا ، ونشر حلها في المجلة الإنجليزية «الذهن» . كما اقترحت وسيلة أخرى لمعالجة المشكلة في مجلة «الفلسفة والعلم» ، قدمها الدكتور أرثر. و. بيركس من جامعة ميتشيجان . وهو يقترح تحت عنوان «عبارات فطرية» تمييزا جديدا ( فيما أعلم ) بين ما سماه «اللزوم السببي واللزوم المادى» ، ويرى أن الأول غير قابل «للاستخراج» مثل الثانى . وهو يستخدم هذا التمييز لى يهرب من مشكلة دكان الحلاقة ولكن البعض يرون أنه لم يهرب إلا بصعوبة كبيرة .

ويلحق بريثويت على كل ذلك قائلا «إن كارول كان يدفع بالحراث إلى أغوار أبعد من معارفه . لقد كان يعمل في ذهنه منطق يدعو للإعجاب ولكنه لم يستطع أن يصل بهذا المنطق إلى مستوى التكامل ، ومن أجل هذا كان منطق الرمزى سطحيا . . . بينما كانت ألغازه العابرة غاية في العمق» .

• • •

من العسير أن يختم المرء الموضوع بأفضل من كلمات بريثويت . كان دودجسون المحترم مدرسا جافا ولكنه قدير في مبادئ الرياضيات . وكان لويس كارول منطقيا متعمقا وممتازا وإن لم

يع ذلك . وعندما حاول أن يعالج المنطق بشكل منهجي سليم لم يصب إلا نجاحا متوسطا . وهو لم يعبر عن عمقه وبراعته إلا حينما عالج المنطق بشكل متحرر غير مقيد . والواقع أن قيمته في معالجة المنطق تنضح لنا عندما نفتح كتاب أرض العجائب .

كثيرا ما تحتوي كتب المنطق والفلسفة على إشارات لآليس ورفاقها في أرض العجائب . ويعتمد ب . إ . ب . جوردان في كتابه المتمع « فلسفة مستر ب . رتر . ند . رسل » لحد كبير على كارول في توضيح الأفكار الأساسية للمنطق . ومن هذا الكتاب أخذنا العينات التالية التي تعكس عبقرية كارول .

لقد ظل علماء المنطق لأجيال طويلة يصارعون مع « نظرية التطابق » . متى يحق للبرء أن يقول « إن س » هي مطابقة لـ « أو » إن س » هي نفس س » أو « إن س » هي س » . ولكن هذه المشكلة كانت واضحة تماما عند أصدقاء كارول الصغار .

« طول النهار يطابق أى شىء طوله مطابق لطول النهار » .  
( سيلفى و برونو ) .

« لاحظ برونو أنه عندما يفقد الأستاذ الآخر نفسه ، فإن عليه أن يصرخ مناديا عليه . ولا شك أنه سيسمع ذاته لأنه لن يكون بعيدا » . ( سيلفى و برونو ) .

إن أغلب علماء المناطق ، وأغلبنا على وجه العموم ، يجب أن يلتزموا جانب الحذر فيما يتعلق بدقة التعريفات والخلط والتداخل بين ما تعنيه الكلمات وما تدل عليه . ولكن هذا الموضوع لم يكن مشار إزعاج على الإطلاق في الجانب الآخر من المنظار .

كان من المستحيل التمييز بين تويدلدام وتويدلدى في كثير من الجوانب ، وبينما كانت أليس تسير في الطريق لاحظت أنه « عندما يتفرع الطريق فإنها تجد حتما لا فتين تشيران إلى نفس الاتجاه ، على الأولى « إلى منزل تويدلدام » وعلى الأخرى « إلى تويدلدى » . وأخيرا قالت أليس « إننى أعتقد أنها يعيشان في نفس المنزل . . . »

يقول هامى دامى بلهجة حادة : « عندما أستعمل أناكلبة ما ، فإنها تعنى ما اختار لها أن تعنيه — لا أكثر ولا أقل . »  
فتردد عليه أليس قائلة : المشكلة هى هل تستطيع أن تجعل الكلمات تعنى أشياء مختلفة . .

ويرد عليها هامى دامى قائلا : « المشكلة هى من السيد .. هذا هو كل ما فى الأمر . . »

وكثير من المسائل المعقدة فى علم المنطق الرياضى الحديث

يدور حول احتمال وجود ما يسمى الفصل العام ، وحتى هذا  
حسبت له البعوضة حسابا ، فقد ذكرت لأليس أن ذبابة الخبز  
والزبد تحيا على الشاى الخفيف باللبن .

قالت أليس : « وماذا إذا لم تجد هذا الغذاء ؟ »

فردت البعوضة : « لاشك أنها ستموت » .

وقالت أليس وهى تفكر : « ولكن هذا لا بد أن يحدث  
كثيرا » .

فردت البعوضة : « إن هذا يحدث دائما » . ( من خلال المنظار )

إذا كان تحليل الوجود أمر صعب ، فأصعب منه أن تحلل  
اللاوجود . ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لأليس .

قالت أليس : « إننى لا أرى أحداً فى الطريق » .

وزدت الملكة البيضاء فى لهجة جرة : « وددت لو كانت لدى  
مثل عيونك » . أن يكون فى مقدورك أن ترى لا أحداً وعلى هذه  
المسافة ! عجبا ، إننى أصرف نفس الجهد لكى أرى أناسا حقيقيين ،  
فى هذا الضوء الساطع ! » ( من خلال المنظار ) .

لاشك أن المهتمين بمنطق العلم الحديث لا يوافقون على أهمية  
ومدلول التجارب التخيلية ، وخاصة إذا تضمنت هذه التجارب



شروطا لا يمكن تحقيقها . أما الملكة البيضاء فلم تكن تهتم بهذا الأمر . ضحككت أليس ثم قالت : « لافائدة من هذه المحاولة ، إذ لا يستطيع المرء أن يؤمن بالأشياء المستحيلة » .

فردت عليها الملكة البيضاء قائلة : « يبدو لي أنك لم تتدربي على ذلك . عندما كنت في مثل سنك كنت أتدرب على ذلك نصف ساعة كل يوم . بل إنني في بعض الأحيان كنت أؤمن بست أشياء مستحيلة قبل الإفطار . » ( من خلال المنظار ) .

\* \* \*

لقد كانت مواهب كارول الحقيقية من القدرة والعظمة بحيث لا نجد أنفسنا في حاجة إلى التلطف عند التعرض للنقائص التي كانت تشوب كتاباته الرياضية . ولم يكن كارول ذاته مغرورا في هذه الناحية حتى لقد عبر عن حكمه المتواضع على نفسه في مذكراته اليومية إذ جاء بها عبارة كتبها في اليوم الأول من يناير عام ١٨٥٥ وعمره ثلاثة وعشرون عاما ، يقول فيها : « لقد حاولت أن أشغل نفسي في بعض الرياضيات ، ولكنني فشلت » .





# سرينيفاسا رامانوجان

بنتام : هيمس نيومان

**ليست** هذه سوى كلمة موجزة تحوى ما لدينا من المعلومات الضئيلة عن حياة الفقير الهندي الذى أصبح على حد قول أحد الثقات « أعجوبة الرياضيين فى هذا العصر » . مات سرينيفاسا رامانوجان فى الهند مريضا بداء الصدر فى ٢٦ أبريل عام ١٩٢٠ عن ٣٣ عاما ، واسمه غير معروف إلا لدى علماء الرياضة ، فهو لم يجذب انتباه أحد خارج مجال اختصاصه . ولكن بحوثه وأعماله تركت أثرا لا يمحى فى ميدان الفكر الرياضى .

كان ج . ه . هاردى من كامبريدج ، وهو من كبار علماء الرياضة فى عصره ، من أقرب الناس إلى رامانوجان سواء لصلته به فى العمل أو نتيجة لملاقتهما الشخصية ، وذلك خلال السنوات الخمس المثمرة التى قضاها فى إنجلترا . وأغلب المعلومات الواردة فى هذه المقالة أخذت من تأييد الأستاذ هاردى لرامانوجان وكذلك من مجموعة المحاضرات التى ألقاها الأستاذ هاردى فى جامعة هارفرد

التي أسماها محاضرات رامانوجان ؛ أما بقية المعلومات فقد أخذناها من المقالة الصغيرة التي كتبها سيشو إبياد وراماشاندرا راو والمرجودة في « مجموعة كتابات رامانوجان » . ومع ذلك ففي هذه المقالة الصغيرة التي تقدمها ما يكفي للدلالة على مدى شخصية رامانوجان ونبوغه .

نشأ سرينيفاسا رامانوجان أيا نجار ، حسب قول مؤرخه سيشو إبياد ، في أسرة برهمية فقيرة الحال من مركز تانجور التابع لمقاطعة مدراس . وكان أبوه كاتباً للحسابات في محل أحد تجار الأقمشة ، وكانت أمه ، وهي امرأة على درجة عالية من الإدراك ، ابنة موظف صغير بمحكمة النصف (القاضي) في إيرود . وبقيت مدة طويلة بعد الزواج لا تنجب أطفالاً « ولكن أباه دعا الآلهة المشهورة . ناما جيري ، في البلدة المجاورة المسماة ناماكال ، لكي تبارك ابنته وتهبها الذرية . ولم يمض وقت قصير حتى كانت قد أنجبت أكبر أبنائها ، عالم الرياضيات رامانوجان ، الذي ولد يوم ٢٢ ديسمبر عام ١٨٨٧ » .

وعندما كان في الخامسة ذهب إلى المدرسة ، وقبل أن يبلغ السابعة انتقل إلى مدرسة المدينة الثانوية في كامباكونام حيث حصل على منحة دراسية . ويظهر أن قدراته غير العادية قد وضحت



في ذلك الوقت . كان هادنا كثير التأمل يتمتع بذاكرة قوية  
 غير عادية . وكان يسعده أن يطرف زملاءه بالنظريات  
 والمعادلات ، وإلقاء مقطوعات كاملة من أصول اللغة السانسكريتية .  
 وكان يحفظ قيمة ط والجذر التربيعي للعدد ، لأى رقم عشرى .  
 وعندما كان في الخامسة عشرة من عمره ، وهو في السنة السادسة  
 الدراسية ، استعار له أحد أصدقائه كتاب كارنالمجل في الرياضيات  
 البحتة ، من مكتبة الكلية الحكومية بالمدينة . وفاضت نفس  
 رامانوجان بالسعادة وهي تهيم في هذا العالم الجديد الذى تفتحت  
 آفاقه له . لقد أيقظ هذا الكتاب نبوغه وبدأ فوراً في حل  
 معادلاته . ولما لم يكن لديه أى كتاب آخر يستعين به فقد كان  
 كل حل من حلوله بمثابة بحث أصيل بالنسبة له . اخترع أول  
 الأمر طرقاً لتشييد المربعات السحرية ، ثم تطرق إلى الهندسة  
 حيث أخذ في ترسيم الدائرة ثم تطور إلى أن قدر طول محيط  
 الأرض عند خط الاستواء ، ولم يختلف تقديره عن التقدير الحقيقي  
 إلا بمقدار بضعة أقدام . ولما وجد مجال الهندسة محدوداً تحول  
 إلى الجبر . وكان رامانوجان كثيراً ما يردد أن آلهة ناماكالتوحي  
 إليه بحلول المعادلات في أثناء نومه . ومن العجيب أنه كان يدون  
 النتائج التى يتوصل إليها بمجرد قيامه من النوم ، ولو أنه كثيراً ما كان  
 يعجز عن إعطاء إثبات قاطع لها . واستمر يطبق هذا النظام طوال حياته .

وحصل على الشهادة الثانوية وعمره ١٦ سنة من الكلية الحكومية  
 في كامباكونام وحصل على « منحة سوبرا ماينام الصغرى  
 الدراسية » . ونظرا لضعفه في اللغة الانجليزية — إذ لم يكن يهيم  
 إلا بالرياضة — فقد رسب في الامتحان التالى وفقد بذلك المنحة .  
 ثم ترك كامباكونام ، أولا إلى فيزاجايا تام ثم إلى مدراس ، وهناك  
 تقدم إلى « الامتحان الأول فى الآداب » ، فى ديسمبر عام ١٩٠٦ ،  
 ولكنه رسب فيه ولم يتقدم إليه ثانية . وفى السنوات التالية استمر  
 فى بحوثه الرياضية مستقلا . ولما تزوج عام ١٩٠٩ كان عليه أن  
 يبحث عن عمل دائم يرتزق منه . وفى أثناء ذلك حصل على خطاب  
 توصية إلى أحد محبي الرياضيات الحقيقيين وهو راماشاندراراو  
 الذى كان يعمل محصلا فى نيلور ، وهى مدينة صغيرة تقع على بعد  
 ٨٠ ميلا شمال مدراس . وكان راماشاندراراو قد اطلع فعلا على  
 كراستين لرامانوجان ملاحظا بالآراء والأفكار العجيبة . ولعله من  
 الأفضل أن ننقل هنا ما تم فى هذه المقابلة الأولى على لسان  
 راماشاندراف نفسه .

« منذ بضع سنوات ، قال لى أحد أبناء أخى وهو لا يعلم شيئا  
 عن الرياضة : ( عمى ، يوجد زائر يتكلم فى الرياضة ؛ وأنا لأفهم  
 مما يقول شيئا ؛ فهل لك أن ترى إذا ما كان فى قوله ما يفيد ؟ )  
 وفى فيض من حكمتى الرياضية ، تنازلت وأذنت لرامانوجان أن

يدخل في حضرتى . ودخل على رجل خشن المظهر ، غير حلىق ، لا تبدو عليه النظافة ، ممتلىء الجسم ، إلا أن عينيهِ اللامعتين كانتا تلفتان النظر ، وكان يتأبط كراسته ممزقة ، ويبدو فقيراً بائساً ، فر من كامبا كوناى لكى يجد فى مدراس من وقت الفراغ ما يسمح له بمتابعة دراساته . ولم يتق قط إلى أن يصبح شخصاً مميزاً . لم يكن يطلب سوى أن يقدم له أبسط الغذاء دون أى إجهاد من جانبه ، وأن يسمح له بالاسترسال فى أحلامه .

« وفتح كراسته وأخذ فى شرح بعض كشوفه . ورأيت من أول وهلة أن هناك شيئاً خارقاً ؛ ولكن معلوماتى لم تسمح لى بأن أقرر هل يقول كلاماً معقولاً أم هذا فارغاً . وأجلك حكى عليه وطلبت منه أن يعود إلى مرة أخرى ، ففعل . ولكنه إذ لاحظ جهلى قدم إلى بعضنا من المسائل السهلة . وكانت هذه تفوق ما يوجد فى الكتب الحالية ، فأيقنت أنه رجل رائع . ثم أخذ يتدرج معى خطوة خطوة إلى التفاضلات الإهليلجية والمتسلسلات فوق الهندسية والمتسلسلات غير التقاربية . وعندما سأله عما يطلبه أجاب بأنه يريد الكفاف لكى يتمكن من متابعة بحوثه . »

\* \* \*

وقد تعهد راماشاندراراو بأن يدفع نفقات رامانوجان لفترة



من الزمن . وبعد مدة ، إثر فشل المحاولات المختلفة التي بذلت  
لكي يحصل على منحة دراسية ، وكان رامانوجان قد رفض أن  
تطول إعائلته ، قبل أن يعمل في وظيفة صغيرة بمكتب شركة  
ميناء مدراس .

ولكنه لم يهمل قط بحوثه الرياضية . وكان أول أعماله  
البحث الذي نشره في مجلة الجمعية الرياضية الهندسية عام ١٩١١  
وكان عمره ٢٣ سنة . وكان أول بحث طويل نشره عن « بعض  
خواص أعداد برنولي » ونشر في نفس العام . وفي عام ١٩١٢  
قدم إلى نفس المجلة بحثين آخرين وعدة مسائل للحل .

وكان راماشاندرا في ذلك الوقت قد أقنع السيد جريفيث  
من كلية مدراس الهندسية أن يهتم برامانوجان ؛ ولذلك فقد اتصل  
جريفيث بسير فرانسيس سيرينج مدير شركة مدراس وأوصاه  
برامانوجان . ومنذ ذلك الوقت أصبح من السهل الحصول على  
اعتراف بقيمة أعماله . وبدأ رامانوجان — بناء على نصيحة  
سيشوا إبياد وآخرين — في مراسلة ج . ه . هاردي وكان إذاك  
زميلا بكلية ترينيتي ، بكامبريدج ، وهذا نص خطابه الأول لهاردي ،  
وهو مؤرخ ١٦ يناير ١٩١٣ ، وقد ساعده أصدقاؤه في صياغته  
بالإنجليزية .

« سيدى العزيز ،

اسمح لى بأن أقدم لك نفسى فأنا أعمل كأننا للحسابات فى شركة  
ميناء مدراس بمرتب قدره عشرون جنيا سنويا . وأبلغ من العمر  
٢٣ سنة ( كان عمره فى الحقيقة ٢٥ سنة ) ولم أحصل على أى تعليم  
جامعى ولكنى أتممت الدراسة الثانوية . وبعد انتهاء دراستى كنت  
أنضى أوقات فراغى فى دراسة الرياضيات . وأنا لم أطرق سبيل  
الدراسة الجامعية المنتظمة ، ولكنى أشق طريق الخاص بنفسى ،  
وقت بدراسة خاصة للتسلسلات غير التقاربية بشكل عام ،  
ويصف علماء الرياضة هنا النتائج التى توصلت إليها بأنها « مذهلة » ...  
لأنى أرجوكم أن تراجعوا الأوراق المرفقة بهذا الخطاب .  
ولما كنت فقيرا فإنى أرجوكم إذا اقتنعت بقيمة نظرياتى أن تعملوا  
على نشرها . وأنا لم أذكر الأبحاث الحقيقية ولا التعبيرات التى  
حصلت عليها ولكنى أشرت فقط إلى السبيل الذى أتبعه فى حلها .  
ولما كانت خبرتى ناقصة فإنى أقدر أية نصيحة تقدمونها لى .  
ولأنى إذ أستطيعكم عذرا لما سببته لكم من إزعاج .

سوف أبقى لكم ، يا سيدى العزيز .

المخلص

م . رامانوجان

وأرفق بالخطاب ١٢٠ نظرية علق عليها هاردي بما يأتى :

« ليس من السهل أن يقدر المرء الأثر المباشر الذى يحسه  
أستاذ رياضة عادى ، يتلق خطابا مثل هذا من كاتب هندى مغمو .

« كان أول خاطر جال فى ذهنى هو هل يمكننى حقا أن أدرك  
قيمة هذا العمل . لقد برهنت أشياء مثل ( ١ - ٧ ) بنفسى .  
ويبدو أننى ألم بشكل غامض بالمعادلة ( ١ - ٨ ) . والواقع أن  
( ١ - ٨ ) من المسائل التقليدية ؛ إنها معادلة للابلاس وكان  
جاكوبى أول من أثبتها ؛ أما ( ١ - ٩ ) فجاءت ضمن بحث نشره  
روجرز عام ١٩٠٧ . وقد فكرت أننى ، كخبير فى التكاملات  
المعينة ، قد يمكننى إثبات ( ١ - ٥ ) ، ( ١ - ٦ ) ، وقد فعلت  
ذلك ، ولو أن هذا الأمر أخذ منى من الجهد أكثر مما توقعت . .

« أما المعادلات المسلسلة ( ١ - ١ ) ، ( ١ - ٤ ) فقد وجدها  
أكثر صعوبة ، وسرعان ما بدا لى واضحا أن رامانوجان قد وضع  
نظريات أكثر من التى بحث بها وأنه يحتفظ لديه بالباقي . وكانت  
الثانية معادلة معروفة تماما لباور وهى عن نظرية متسلسلات  
لاجاندر ، ولكن الأخرى كانت أصعب مما تبدو . . .

أما المعادلات من ( ١ - ١٠ ) إلى ( ١ - ١٣ ) فهى على مستوى  
مختلف ، ومن الواضح أنها أصعب وأعمق . ويمكن لآى خبير

بالدوال الناقصة أن يلاحظ فوراً أن (١-١٣) قد استخرجت بشكل ما من نظرية (ضرب الأعداد المركبة)، ولكن (١-١٠) لم (١-١٢) هزنى تماماً ، فلم يسبق لى أن رأيت قبل ذلك ما يشبهها وتكفى نظرة واحدة إليها حتى يؤمن المرء أنه لا يكتبها إلا عالم رياضى من الطراز الأول . ولا بد أن تكون صحيحة إذ لا يوجد الشخص الذى يملك من الخيال ما يمكنه من اختراعها . وأخيراً . . لا بد أن يكون الكاتب إنساناً تام الأمانة ، لأن عظماء الرياضيين أكثر شيوعاً من اللصوص أو الدجالين الذين يمتلكون مثل هذه المهارة الفائقة .

و مع أن رامانوجان قد أثبت نجاحه الفائق فى عدة مجالات إلا أن عمله فى الأعداد الأولية وكل ما يتصل بهذه النظرية من مسائل كان مخطئاً بكل تأكيد . ولعل هذا هو فشله الكبير . ومع كل ، فإننى لست متأكداً أن فشله لم يكن ، بشكل ما ، أعجب من كل انتصاراته .

\* \* \*

وكتب هاردى ، معلقاً على رموز رامانوجان فى إحدى المسائل الرياضية التى وردت فى هذا المجال ، قائلاً : « إن لاندאו حصل عليها أولاً فى عام ١٩٠٨ . ولم يكن لدى رامانوجان أى سلاح من أسلحة لانداو ؛ لم يكن قد رأى أى كتاب فرنسى أو ألماني ؛

بل إن إلمامه باللغة الإنجليزية كان من الضعف بحيث لم يسمح له بالحصول على درجة جامعية . وكفاه نغرا أنه كان يحلم بمثل هذه المسائل ، وهي مسائل أخذ أحسن علماء الرياضة الأوروبيين مائة عام لحلها ، وما زال حلها غير كامل إلى يومنا هذا .

\* \* \*

وأخيرا وفي شهر مايو عام ١٩١٣ ، ونتيجة لجهود كثير من أصدقائه ، أعفى رامانوجان من عمله كمكاتب في شركة ميناء مدراس وأعطى منحة دراسية . وكان هاردى قد بذل عدة محاولات لكي يسافر إليه رامانوجان في كامبريدج . وقد بدا أن الطريق سهل . يسور ، إلا أن رامانوجان رفض في مبدأ الأمر نظرا لتعصب طائفته الدينية ولأن أمه لم تسمح له بالسفر .

كتب هاردى قائلا : « وأخيرا ، أمكن الحصول على هذه الموافقة بسهولة وبشكل لم تكن تتوقعه . وذلك أن أمه أعلنت ذات صباح أنها رأت في منامها في الليلة السابقة ابنها جالسا في قاعة فسيحة بين مجموعة من الأوروبيين وأن الآلهة تاماجيري قد أمرتها ألا تقف في طريق ابنها وألا تمنعه من تحقيق أهدافه في الحياة . » وعندما ذهب رامانوجان أخيرا كان قد حصل على منحة دراسية من مدراس قيمتها ٢٥٠ جنيا ، خصص منها ٥٠ جنيا لإعانة

أسرته في الهند ، كما حصل على إعانة أخرى قدرها ٦٠ جنيها  
من تريليتي .

\*\*\*

وفيما يلي ما كتبه هاردي عن رامانوجان : « واجهتني مشكلة  
كبيرة : إذ كيف أعلمه الرياضة الحديثة ؟ فقد كانت تذهلني  
أن معلوماته محدودة بقدر ما هي عميقة . كان أمانى رجل يستطيع  
أن يحل المعادلات المقياسية ، ونظريات ضرب الأعداد المركبة  
إلى رتب لم نسمع بها ، رجل يسيطر على رياضيات الكسور المتصلة  
بشكل يفوق كل عالم آخر ، رجل وجد لنفسه المعادلة الدالية  
لدالة زيتا والحدود السائدة في كثير من المشاكل الشهيرة في النظرية  
التحليلية للأعداد . ، وهو في نفس الوقت لم يسمع بالدالة الدورية  
المزدوجة أو بنظرية كوش ، ولم تكن لديه سوى فكرة باهتة  
عن دالة المتغير المركب . أما أفكاره عن البراهين الرياضية ومم  
تكون فكانت مجرد ظلال باهتة . ولقد توصل إلى كافة نتائجه ،  
القديمة والحديثة ، السليمة والخطأية ، عن طريق استخدام الحجج  
المختلطة والبداهة والاستقراء ، وكان عاجزا عن إعطاء فكرة  
متناسكة عن طريقته هذه .

لقد كان من المستحيل أن نطالب مثل هذا الرجل بالخضوع

للتعليمات المنظمة ؛ أو أن يبدأ في تعلم الرياضة . وكنت خائفا  
إذا ما أصررت على أمور لا يقبلها رامانوجان ، أن أحطم ثقته  
بنفسه أو أن أحول دون الوحي الذي يهبط عليه . ولكنني من ناحية  
أخرى كنت أرى أنه من المستحيل أن يبقى جاهلا بعض الأمور .  
كانت بعض نتائج مخطئة ، وخاصة تلك المسائل المتعلقة بتوزيع  
الأعداد الأولية ، التي كان يعلق هو عليها أهمية خاصة . كان من  
المستحيل أن أتركه يعتقد خطأ طوال حياته أن جميع أصفار دالة  
زيتا حقيقية . ولذلك فقد حاولت تعليمه ، ونجحت بشكل ما ،  
ولو أنني في الواقع تعلمت منه أكثر مما علمته .

ولابد من كلية أضيفها عن هوايات رامانوجان الأخرى  
غير الرياضة ، وكانت هذه بدورها مثل رياضياته مزيجا من الأمور  
العجبية . ولم يكن له أى اهتمام بالأدب أو الفنون ، ولو أنه كان  
يميز الأدب الجيد من الرديء . ولكنه كان من جهة أخرى  
فيلسوبا متعمقا ، ويبدو لأنصار مدرسة كامبريدج الحديثة من النوع  
السديمي ، كما كان سياسيا متحمسا متطرفا في حبه للسلام . وكان  
يتمسك بقواعد دينه بشدة غير معهودة في الهندوس المقيمين  
في إنجلترا . ولكن تمسكه بدينه كان من قبيل العادة أكثر منه  
عن إيمان مفكر ، وإنني ما زلت أنذكر جيدا قوله لى (مما أثار  
تعجبي) أن جميع الأديان تبدو له متساوية ومتكافئة إلى حد بعيد .

وكان يعجب بكل ماهو غريب سواء في الأدب أو الفلسفة أو الرياضة... وكان نباتيا بكل معنى الكلمة - مما سبب له كثيرا من المتاعب عندما مرض فيها بعد - وكان يطهى طعامه بنفسه طوال مدة إقامته في كامبريدج ، ولم يكن يفعل ذلك إلا بعد أن يخلع ملابسته ويلبس البيجاما ...

وفي ربيع عام ١٩١٧ بدأ أن صحة رامانوجان ليست على مايرام . وذهب إلى أحد بيوت التمريض في كامبريدج في أوائل الصيف ولم يغادر السرير لأية فترة طويلة بعد ذلك . ثم تنقل بين المصححات في ويلز وماتلوك ولندن ولم تبدأ صحته في التحسن إلا في خريف عام ١٩١٨ ، فعاود نشاطه . ولعل ما حفزه لذلك أنه انتخب عضوا بالجمعية الملكية ، وقد توصل في ذلك الوقت إلى أجمل نظرياته وأبدعها . وبما زاد في تشجيعه انتخابه زميلا في كلية ترينيتي . وعلى هذه الجمعيات العلمية الشهيرة أن تنهى أنفسها لأنها انتخبته لعزويتها قبل أن يموت .

\* \* \*

وعاد رامانوجان إلى الهند في أوائل عام ١٩١٩ ، حيث مات في العام التالي .

\* \* \*



وإذا أردنا أن نقدر طريقة رامانوجان وعمله وبحوثه في الرياضيات فعلينا أن نقتبس مرة أخرى من أقوال هاردي :  
« كثير ما كنت أسأل عما إذا كان لرامانوجان أى سر خاص ؛  
وعما إذا كانت وسائله تختلف نوعيا عن وسائل غيره من علماء  
الرياضة ؛ وعما إذا كان فى طريقة تفكيره شىء من الشذوذ .  
وأنا لأستطيع أن أجيب عن هذه الأسئلة بثقة أو تأكيد ؛ ولكنى  
لا أعتقد فى كل هذه الأشياء . إن اعتقادى هو أن جميع الرياضيين  
يفكرون فى أعماقهم بنفس الوسيلة والأسلوب ، وأن رامانوجان  
لم يكن شاذا فى هذا . ولكن لاشك أن ذاكرته كانت غير عادية .  
كان فى إمكانه أن يتذكر الأرقام وما فيها من خواص بشكل غير  
عادى . ولعل مستر ليتلود هو الذى قال عنه : « لقد كان كل رقم  
عجيب من أخلص أصدقائه » . وإننى أذكر أننى ذهبت مرة لعيادته  
فى أثناء مرضه فى پوتنى . وركبت سيارة أجرة رقم ١٧٢٩ ،  
وذكرت له أن هذا الرقم قد بدا لى قيتا ، وإننى أرجو ألا يكون  
هذا فالاسيتا . ولكنه أجاب : لا إنه عدد طريف ؛ إنه أصغر  
عدد ممكن كحاصل جمع مكعبين بطريقتين مختلفتين ؛ فسألته بطبيعة  
الحال عما إذا كان يعرف الجواب المماثل بالنسبة للأعداد المرفوعة  
للأس الرابع ؛ وأجاب بعد برهة من التفكير أنه لا يرى إجابة  
واضحة لهذه المسألة ، وأنه يعتقد أن مثل هذا العدد لا بد وأن

يكون كبيراً جداً . لقد كانت ذاكرته وقدرته على الحساب غير عادية ، إلا أننا لا يمكننا أن نقول إنها كانت « شاذة » . وكان إذا ضرب عددين كبيرين اتبع الطريقة العادية ، وكان في إمكانه أن يفعل ذلك بسرعة ودقة غير عاديتين ، إلا أنه لم يكن في ذلك أسرع أو أكثر دقة من أى رياضى يتميز بسرعة الحساب .

« أما ماثير العجب حقاً فهو تعمقه في المعادلات الجبرية ، وتحويل المتسلسلات اللانهائية ، وما شابه ذلك . وفي مثل هذه الأمور لم أر له مثيلاً قط ، ولا يمكن مقارنته إلا بأويلر أو جاكوبى . وكان يفوق رياضى العصر الحديث في استخدام طريقة الاستنتاج بواسطة الأمثلة العددية ، حتى لقد كشف جميع خواص التطابق في عمليات التجزئة ، مثلاً ، بهذه الطريقة . وبالإضافة إلى ذاكرته هذه وصبره وقدرته على الحساب كانت لديه القدرة على التعميم والإحساس بالشكل والقدرة على سرعة تعديل نظرياته وفروضه التى كانت فى الغالب مدهشة والتي جعلته فى أيامه دون نظير أو منافس فى فرع تخصصه .

« وكثيراً ما يقال إن الرياضيين يجدون صعوبة أكبر هذه الأيام فى البحث عن الموضوعات الأصلية بالمقارنة بالصعوبة التى كان يجدها الرياضيون فى الأيام العظيمة التى وضعت فيها أسس

التحليل الحديث ، ولا شك أن هذا القول فيه شيء من الصحة . وقد  
تختلف الآراء بالنسبة لأعمال رامانوجان ، ونوع المقياس الذى  
نحكم به عليه ، وتأثير أعماله على الرياضة فى المستقبل . إن هذه الأعمال  
لا تنتم ببساطة الأعمال العظيمة جدا ، وربما كانت أعظم لو أنها  
كانت أقل غرابة . إلا أن المزية التى تتصف بها والتى لا يمكن  
نكرانها هو أنها كانت أعمالا عميقة وأصيلة . وكان من الممكن أن  
يكون رياضياً أعظم مما كان لو أنه هذب وتعلم منذ الصغر ؛ إلا أنه  
لو تعلم وتهذب منذ الصغر لما كان رامانوجان الذى كانه ، ولكان  
أقرب إلى أى أستاذ أوروبى ، وربما كانت الخسارة فى هذه الحالة  
أكبر من المكسب . .

مطابع دار القلم بالقاهرة





صدر عنها لمشروع

الأولف كتاب

- ٢٢٥ ... لمن تدق الأجراس « ج ١ »
- ٢٨٠ ... لمن تدق الأجراس « ج ٢ »
- ١١٥ ... الحرية المحرمة ...
- ٢٣٠ ... ميكانيكا السيارات
- ٢٤٥ ... قصص عالمية ...
- ١٢٥ ... إيزيس وإيزوريس
- ٢٥٥ ... حكايات فارسية
- ٢١٥ ... الجيولوجيا في خدمة الإنسان
- ٢٢٥ ... أول من وصل إلى القمر
- ٢٠٠ ... المكنة البشرية
- ١٥٥ ... العين والشمس
- ٢٥٥ ... إقبال
- ٢٨٥ ... رجال عاشوا للعلم
- ٢٠٥ ... جهود المسلمين في الجغرافيا

Bibliotheca Alexandrina



0254385

مطابع دار القلم بالقاهرة

الثنى ٢٨,٥